



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



NÁVRH KONSTRUKCE VRSTVENÉ TEXTILIE PRO ZIMNÍ ODĚVY

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Miroslava Polanková**
Vedoucí práce: Ing. Roman Knížek





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



DESIGN OF CONSTRUCTION OF LAYERED FABRIC FOR WINTER GARMENTS

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Miroslava Polanková**
Supervisor: Ing. Roman Knížek



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Romanovi Knížkovi za odborné rady a informace při zpracování diplomové práce. Také děkuji za rady při konstrukci zimního oděvu Ing. Blaženě Musilové, Ph.D a za konzultaci při statistickém vyhodnocování dat Ing. Vladimírovi Bajzíkovi, Ph.D a Prof. RNDr. Gejzovi Dohnalovi, CSc.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na outdoorové oděvy a funkční textilie. Vysvětlen je pojem oděvní komfort a vlastnosti s ním spojené. Práce se více zabývá membránami a zátěry pro oděvní účely. Popsány jsou mikrovláknenné hydrofobní membrány, nanovláknenné membrány a neporézní hydrofilní membrány. Dále jsou objasněné možnosti konstrukčního provedení membrán a způsoby spojení membrán s textilií, nebo-li laminace. Experimentální část je zaměřena na návrh oděvu určeného do zimy s aplikací nanovláknenné membrány. Na základě hodnocených zkoušek je vybrán vhodný vrchový materiál, který je poté laminován s nanovláknennou membránou. Vyhotovený zimní oděv je porovnáván s konkurenčními výrobky.

Klíčová slova

Outdoor, funkční textilie, oděvní komfort, nanovláknenná membrána, zimní oděv

Annotation

The diploma thesis is focused on outdoor clothing and functional textiles. Explained a term is clothing comfort and properties associated with it. The thesis deals with membrane and coatings for clothing purposes. Described are the microfibers hydrophobic membranes, the nanofiber membranes and the hydrophilic porous membranes. Further are explained possibilities of constructional implementation of the laminates with membrane and methods of connection the membrane with textile fabric, termed as the lamination of textiles. The experimental part is focused on the design of garment with the application of nanofiber membrane designed for cold climate. On the basis of evaluated test was selected a suitable upper fabric, which was laminated with the nanofiber membrane. It was made a garment intended to the cold climate, which was compared to competitive garments.

Key words

Outdoor, functional textiles, clothing comfort, nanofiber membrane, winter clothing

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	10
1 Úvod	11
2 Funkční oděvy a textilie	13
3 Oděvní komfort.....	16
3.1 Paropropustnost	20
3.1.1 Transport vlhkosti mezi organismem a okolím.....	20
3.2 Hydrostatická odolnost	21
3.3 Prodyšnost.....	22
3.4 Tepelná propustnost	23
3.4.1 Transport tepla mezi organismem a okolím	23
4 Membrány a zátěry pro oděvní účely	24
4.1 Zátěry	24
4.2 Membrány.....	25
4.2.1 Mikroporézní hydrofobní membrány	26
4.2.2 Nanovláknenné membrány	26
4.2.3 Neporézní hydrofilní membrány.....	27
4.2.4 Možnosti konstrukčního provedení membrán	28
4.2.5 Způsoby spojení membrán s textilií – laminace	30
4.3 Podmínky zpracování zátěrových a membránových materiálů	30
5 Experimentální část	31
5.1 Charakteristika hodnocených zkoušek.....	32
5.1.1 Paropropustnost	32
5.1.2 Prodyšnost	33
5.1.3 Hydrostatická odolnost.....	34

5.1.4	Tepelná propustnost.....	35
5.2	Výběr vhodné vrchové textilie z hlediska komfortních vlastností	36
5.2.1	Vyhodnocení paropropustnosti	38
5.2.2	Vyhodnocení prodyšnosti	39
5.2.3	Vyhodnocení hydrostatické odolnosti	40
5.3	Porovnání vrchového materiálu bez a s nanovláknennou membránou.....	42
5.3.1	Vyhodnocení paropropustnosti	43
5.3.2	Vyhodnocení prodyšnosti	45
5.3.3	Vyhodnocení hydrostatické odolnosti	46
5.4	Design a konstrukce zimního oděvu	48
5.4.1	Vyhotovení výrobků	49
5.5	Porovnání komfortních vlastností konkurenčních zimních oděvů.....	51
5.5.1	Vyhodnocení paropropustnosti	53
5.5.2	Vyhodnocení prodyšnosti	54
5.5.3	Vyhodnocení tepelné propustnosti	56
5.6	Shrnutí.....	58
6	Závěr	59
	Seznam literatury a internetových zdrojů	61
	Seznam obrázků.....	63
	Seznam tabulek.....	64
	Seznam grafů	65
	Seznam příloh	66

Seznam použitých zkratek a symbolů

ANOVA	Analysis of variance (analýza rozptylu)
apod.	a podobně
cm	centimetr
cm ²	centimetr čtvereční
cm.s ⁻¹	centimetr za sekundu
CO ₂	oxid uhličitý
ČSN	České technické normy
DWR	durable water repellent
EN	Evropské normy
g/m ²	gram na metr čtvereční
g/m ² /hod	gram na metr čtvereční za sekundu
IS	interval spolehlivosti
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní normy)
Kč	Koruna česká
K.m ² .W ⁻¹	Kelvin na metr čtvereční lomeno watt
kV	kilovolty
l/m ² /s	litr na metr čtvereční za sekundu
max.	maximum
min.	minimum
mm	milimetr
mm ²	milimetr čtvereční
MS	průměrný čtverec
MS Excel	Microsoft Excel
MTM	made to measure
např.	například
nm	nanometr
PA	Polyamid
Pa	Pascal
Pa.m ² .W ⁻¹	Pascal na metr čtvereční lomeno watt
PL	Polyester
PTFE	Polytetrafluoroetylen
PUR	Polyuretan
Ret	Výparný odpor
PVDF	Polyvinylidenfluorid
SS	součet čtverců
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvaně
μ	mikro
μm	mikrometr
°C	stupeň Celsia
%	procento

1 Úvod

Textilní průmysl měl v 19. a první polovině 20. století významnou pozici ve většině evropských států. Česká republika nebyla výjimkou. Vyvinulo se několik hlavních center textilní výroby. V 80. letech 20. století bylo Československo považováno z hlediska spotřeby textilních surovin ve výrobě na jednoho obyvatele za „textilní velmoc“. Po roce 1989 řada textilních a oděvních podniků v Československu nedokázala přežít nové podmínky otevřeného trhu. Dochází tak k početnému ukončení činnosti mnoha klasických textilních či oděvních výrobců. Tito výrobci nemůžou čelit levnému zboží z Asie. Proto se začala rozvíjet výroba technických textilií, speciálních textilních výrobků a oděvů. Textilní a oděvní výroba vyspělých států se přeorientovává na výrobky s vysokou přidanou hodnotou, to znamená, že se výroba začala zabývat textiliemi a oděvy, které toho umí víc než jen být „estetické, pohodlné či příjemné na omak“. Vznikají tak nové firmy vyvíjející pouze speciální textilie, které se nazývají vysoce-funkční, inteligentní nebo komunikační textilie. Tyto textilie kromě svých specifických vlastností musí poskytovat i vysoký stupeň komfortních vlastností.

V oděvním průmyslu nastupují nové materiály, vlákna a technologie, které dávají oděvním výrobkům nové vlastnosti a zvyšují tak komfort uživatele. Typické je jejich použití ve sportovním oblečení. Například membrány různých typů umožňují uživatelům nosit nepromokavý oděv, aniž by se v něm cítili diskomfortně a aniž by byl oděv nehygienický. Nejen membrány, které se používají například na zimní bundy, zvyšují komfort uživatele, jsou to i materiály využívané na výrobu funkčního prádla a další produkty s přidanou hodnotou. Všechny tyto produkty mají jeden společný prvek – umí něco nového a rozšiřují svou funkčnost.

Známa zásada, že „neexistuje špatné počasí, ale jen špatně oblečený člověk“ potvrzuje, že jedinou obranou před povětrnostními vlivy je kvalitní oblečení. Toto tvrzení podporuje fakt, že skupinky dobře oblečených lidí se dokázaly procházet i na povrchu Měsíce. Samozřejmě pro běžné užívání není potřebný skafandr. Starší trendy v oblékání ovšem neměly k tomuto speciálnímu obleku daleko. Při nepříznivém počasí na sebe jedinec navlékal stále více vrstev oblečení, až se stával nepohyblivý, časem se zpotil a spodní vrstvy oblečení přestaly izolovat. V současné době jsou vyvinuty moderní materiály s vlastnostmi, jako jsou vysoká hydrostatická odolnost

a při tom optimální paropropustnost a prodyšnost, proto je možný pobyt v přírodě prakticky v jakémkoli počasí. Takové materiály se rychle rozšířily zejména ve sportovních odvětvích, jejich výhody rychle pochopily i armády a postupně se staly také součástí běžného oblečení. V současnosti mnozí lidé tyto materiály znají a běžně nosí oblečení z nich vyrobené, někdo matně tuší, že takové materiály existují a zbytek je velmi překvapen, když se začne mluvit o membránách, funkčním prádle, principu tří vrstev a podobně.

První část – teoretická část – diplomové práce je zaměřena na stručný přehled a vysvětlení pojmů funkční oděvy a textilie a oděvní komfort. V práci jsou také charakterizovány zkoušky související s komfortem oděvů, konkrétně paropropustnost, prodyšnost, hydrostatická odolnost a tepelná propustnost. Je popsán rozdíl mezi zátěry a membránami. Více se práce zaměřuje na rozdělení membrán, způsoby spojení s textilií a na možnosti konstrukčního provedení membrán.

V experimentální části práce je tvořen oděv do zimního počasí. Práce se mimo jiné zaměřuje i na módní trendy jak sportovního charakteru, tak i pro běžné nošení. Vytvořený zimní oděv bude vhodné nosit do města i například na lyžování. Práce se zabývá zkoumáním vrchových materiálů určených na výrobu zimních oděvů. Dále je zaměřena na laminaci nanovláknenné membrány na vybraný vrchový materiál, který je zhodnocen a vybrán na základě zkoušek paropropustnosti, prodyšnosti a hydrostatické odolnosti. Nanovláknenná membrána zajistí oděvu optimální komfort při nošení. Hotový oděv bude porovnáván s konkurenčními výrobky.

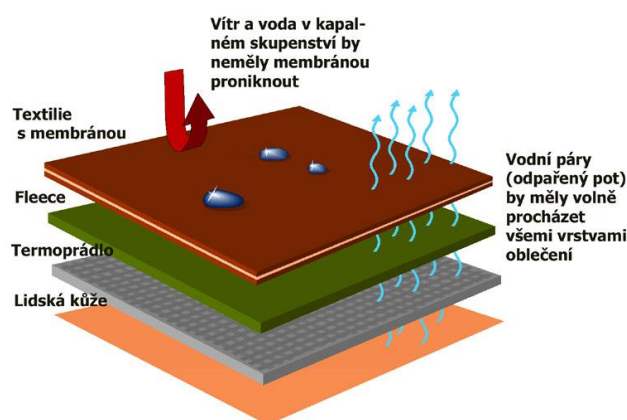
Cíl

Hlavním cílem diplomové práce je, na základě zkoumání vhodných vrchových materiálů pro výrobu zimních oděvů, vytvoření oděvu do zimního počasí s aplikací nanovláknenné membrány, která zachová komfortní vlastnosti. Membrána bude mít za úkol zvyšovat pohodlí uživatele zimního oděvu.

2 Funkční oděvy a textilie

Stále více se do podvědomí lidí dostává pojem funkční oděv. Většinou se takové oděvy využívají zejména pro outdoorové aktivity. Slovo outdoor je chápáno jako pobyt či aktivity vykonávané v přírodě. Tam, kde člověk potřebuje být chráněn před klimatickými podmínkami a různému počasí. Takový oděv je mechanicky odolný a musí nás chránit před deštěm, sněhem, větrem a chladem a zároveň se v něm musíme cítit pohodlně. To znamená, že oděv také musí odvádět pot od těla do okolí.

Důležité pro komfortní vlastnosti oděvů je správně dodržovat zásady vrstveného oblékání. Základem správně fungujícího celého systému oblékání je, aby každá vrstva byla z funkčního materiálu. Tělo nesmí být podchlazené či přehřáté, tělesná vlhkost (pot) musí být odváděna směrem od těla do okolí, proto všechny vrstvy musí být paropropustné. Oděv také musí izolovat proti chladu a nepropustit vodu a vítr. Vrstvení oděvů je založeno na principu tří základních vrstev – transportní, izolační a ochranná vrstva. První transportní vrstva, která je v kontaktu s tělem je označována jako termoprádlo. Má za úkol odvádět pot od pokožky. Izolační vrstva udržuje tělesnou teplotu a také musí být paropropustná. Většinou se tuto vrstvu tvoří textilie známá jako fleecce. Ochranná poslední vrstva chrání tělo před okolním počasím. Musí být odolná proti vodě, větru a zároveň musí mít vlastnosti transportní a izolační vrstvy, to znamená, že musí být paropropustná. Všechny tři vrstvy není nutné používat za každých okolností, ale jen tehdy, vyžadují-li to podmínky. Funkce celého systému tří vrstev je znázorněna na obrázku 1. [3, 4]



Obrázek 1: Systém tří vrstev [5]

Na všechny tři vrstvy jsou využívány funkční textilie. Materiál použitý na poslední třetí vrstvu je většinou opatřený zátěrem nebo membránou, aby mohly být splněny všechny funkce, které tato vrstva má splňovat. Tuto vrstvu může také tvořit tkanina s velmi hustou dostavou. Tato tkanina, druhy zátěrů i membrán budou popsány v dalších kapitolách. [3, 4]

Experimentální část práce je zaměřena na poslední ochrannou vrstvu celého systému vrstvení, konkrétně na zimní bundy. Na trhu s outdoorovými bundami je nabízené nepřeberné množství použitých funkčních materiálů od různých výrobců. Také je velký výběr designu, s čímž souvisí zpracování a také konstrukce oděvů. Samozřejmostí pro zpracování funkčních respektive membránových či zátěrových materiálů je podlepení švů z důvodu neporušení vysoké hydrostatické odolnosti. Bundy by měly mít anatomicky tvarovaný střih pro pohodlnost oděvu. Dále se využívají voděodolné zipy. Bundy jsou opatřeny kapsami na vnější části oděvu i na podšívkové straně. Většinou na outdoorové zimní bundě nechybí kapuce, která může být odepínací a může mít možnost stahování. Stahování nechybí ani na rukávech a ve spodní části oděvu. V poslední době je v oblibě například upevnění na sluchátka nebo voděodolné kapsy na přehrávače hudby či mobilní telefony.

Práce se zabývá funkčností použitých materiálů pro zhotovení zimního oděvu, ale i designem a konstrukcí. Z tohoto důvodu byly vybrány dvě značky, které budou níže popsány. První značka Tilak se zabývá hlavně funkčností a skvěle padnoucím střihem a její výrobky jsou určeny pro sportovní aktivity. Druhá značka Bogner dává důraz hlavně na design, ale zakládá si také na funkčních materiálech. Její výrobky jsou vhodné pro použití pro sportovní aktivity i pro běžné užívání.

Tilak

Tilak je česká značka sportovního a outdoorového vybavení, která sídlí v Šumperku. Jako jedna z mála českých značek získala licenci na výrobu outdoorového oblečení z laminátů od společnosti Gore-tex, a to již od roku 1993. Zakládá si na důkladné střihové přípravě a preciznosti ušití oděvů. U každého z používaných

materiálů si společnost provádí zkoušku voděodolnosti. Mezi tyto materiály patří například Gore-tex, Windstopper, Polartec a Ventile.

Produkty společnosti Tilak zahrnují pánskou i dámskou kolekci, která je určena jak pro rekreační sportovce, tak i pro profesionály. Zaměříme-li se pouze na zimní bundy, jsou produkty rozděleny na použití pro vysokohorskou turistiku, lyžování a pro pěší turistiku. Tomuto rozdělení odpovídají i materiály a jejich kombinace, které jsou na zimní bundy použity. V experimentální části bude hodnocena zimní bunda značky Tilak pro vlastnosti prodyšnost, paropropustnost a tepelná propustnost.

Bogner

Německá značka Bogner patří mezi luxusní značky ve světě módy a sportu. Úspěch našla zejména v lyžařském oblečení. Zakládá si na exkluzivě a funkčnosti materiálů. Značka Bogner je ve světě nazývána „Diorem lyžařské módy“. Společnost si také zakládá na ekologické produkci.

V posledních několika desetiletích nabízí Bogner šest různých produktových řad: BOGNER SPORT – představuje sportovní oblečení na lyže, golf, tenis a wellness; BOGNER WOMAN a BOGNER MAN – dámské a pánské sportovní a ležérní oblečení do města; SONIA BOGNER – exkluzivní designová kolekce určená pro ženy; BOGNER FIRE + ICE – městská módní sportovní linie a oblečení pro volný čas; BOGNER KIDS – řada pro děti ve věku mezi 4 a 14 roky. Značka Bogner tento rok prezentovala své oděvy na německých sportovcích na posledních olympijských hrách.

Vlastnosti jako je prodyšnost, paropropustnost a tepelná propustnost budou zkoumány na vybrané zimní bundě od této značky. Výsledky budou porovnávány se zimní bundou značky Tilak a se zhotovenou bundou s nanovláknennou membránou.

V dalších kapitolách bude vysvětlen pojem komfort oděvů a popsány zkoušky paropropustnost, prodyšnost, hydrostatická odolnost a tepelná propustnost, které s komfortem textilií úzce souvisí.

3 Oděvní komfort

Zjednodušeně lze komfort definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů. Z osobního hlediska to je příjemný pocit neboli pohodlí, kdy nepřevládají chlad či teplo. Opakem oděvního komfortu je oděvní diskomfort. Ten se dostavuje při pocitech chladu, které nastávají hlavně jako reakce na nízkou teplotu prostředí nebo nízké pracovní zatížení. Nebo se diskomfort dostavuje při pocitech tepla, které nastávají při působení teplého a vlhkého prostředí či při větším pracovním zatížení.

Komfort je tedy stav, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu. Je to stav organismu, kdy okolí nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané všemi lidskými smysly vyjma chuti. Podle důležitosti je to hmat, zrak, sluch a čich.

Oděvní komfort se dělí na psychologický, senzorický, termofyziologický a patofyziologický. [6]

➤ **Psychologický komfort**

Psychologický komfort lze rozdělit do několika hledisek. Z klimatického hlediska by se měly respektovat dané tepelně klimatické podmínky, které jsou závislé na geografické poloze. A podle toho se správně zvolí denní oděv. Z ekonomického hlediska jsou sem zahrnuty podmínky obživy, výrobní prostředky, úroveň technologie či politická situace. Historické hledisko je spjaté s životním stylem a módou, například lidé mají sklon k přírodním materiálům a výrobkům z nich. Z kulturního hlediska je brán ohled například na tradice, zvyky, náboženství nebo obřady. Sociální hledisko poukazuje na věk, vzdělání či sociální postavení. Psychologický komfort zahrnuje módní vlivy, styl, barvy, lesk, trendy nebo osobní upřednostnění. [6, 7]

➤ **Senzorický komfort**

Vjemy a pocity člověka vznikající při kontaktu pokožky s textilií zahrnuje senzorický komfort. Takové pocity mohou být příjemné, to znamená například pocit měkkosti či splývavosti nebo nepříjemné, jako například pocit vlhkosti, škrabání, lepení či píchání apod. Senzorický komfort lze rozdělit na komfort nošení a na omak. Komfort nošení oděvu závisí na povrchové struktuře použitých textilií,

na mechanických vlastnostech a na schopnosti textilie absorbovat a transportovat plynou a kapalnou vlhkost. Omak je založený na vjemech prostřednictvím dlaně a prstů. Je to subjektivní veličina. Při zjednodušení lze omak charakterizovat jako hladkost, tuhost, objemnost a tepelně-kontaktní vjem. [6, 7]

➤ **Patofyziologický komfort**

Patofyziologický komfort závisí na přítomnosti alergizujících látek v textiliích. Alergizující látky mohou být například chemické látky v pracích prostředcích, bakterie či plísně v textiliích. Patofyziologické látky mohou na pokožce způsobit dermatózu, tzn. kožní onemocnění. Dermatóza může být způsobena drážděním, což může nastat u každého člověka, nebo alergií, to je individuální imunologický jev, který nastává při kontaktu s alergenem. [6,7]

➤ **Termofyziologický komfort**

Termofyziologický komfort zjednodušeně vyjadřuje stav tepelné pohody. Je to stav, kdy organismus nemusí regulovat svoji teplotu, nedochází tedy k termoregulaci. To znamená, že uživatel necítí chlad ani se nepotí. Termofyziologický komfort je závislý na dvou základních parametrech, jsou to tepelný a výparný odpor. Odpařování potu z povrchu pokožky způsobuje ochlazování pokožky. Úroveň ochlazování je závislá na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky, ve vnějším prostředí a na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Výparný odpor se rozlišuje na celkový výparný odpor oděvu a na výparný odpor vnější přilehlé vrstvy vzduchu, tzn. mezní vrstvy. Celkový tepelný odpor oděvu se rozděluje na tepelný odpor vlastního oděvu a tepelný odpor mezní vrstvy.

Termofyziologický komfort lze zajistit vhodně zvoleným oděvem. Takový oděv za daných podmínek pomáhá tělu udržovat tepelnou rovnováhu a zajišťuje pocit pohodlí. Jestliže je množství tepla vyprodukované tělem rovno teple odevzdanému do okolního prostředí, je vnitřní teplota organismu konstantní. Kolem těla je pod oděvem vytvořeno určité mikroklima, které je závislé na tepelném stavu organismu, na vnějším prostředí a na vlastnostech oděvu (např. konstrukce

a textilní složení materiálu, konstrukce oděvu – střih, počet vrstev oděvu). U materiálů, které nejsou propustné pro vzduch a páry, tudíž nepropouští pot z pokožky přes oděv do okolí, se zvyšuje vlhkost vzduchu pod oděvem. Například při použití přírodních materiálů, jako je bavlna, vlna apod., které jsou velmi nasákavé, se vlhkost váže přímo na vlákna. Při zvýšené námaze se tak v prádle pot hromadí a poté v klidové fázi se dostaví pocit vlhka a prádlo začne chladit. Nastává fyziologický diskomfort, při kterém může dojít k podchlazení celého organismu.

V prostoru mezi tělem a oděvem, tedy v mikroklimatu kolem těla, je určitý obsah oxidu uhličitýho. Ten vzniká v důsledku stupně zamoření produkty kožního dýchání. Například při fyzické práci v teplém prostředí se uvolňuje oxid uhličitý pokožkou. Produkty tvořené kožním dýcháním se odstraňují větráním, které je závislé na prodyšnosti oděvu a jeho konstrukčním řešením.

Termofyziologický komfort nastává za optimálních podmínek, kterými jsou: teplota pokožky $33 - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$, rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10\text{ cm.s}^{-1}$, obsah CO_2 $0,07\%$, nepřítomnost vody na pokožce. Vlhkost pokožky je vyjádřena množstvím vyloučeného potu, což závisí na fyzické námaze a klimatických podmínkách. Příklady pro množství vyloučeného potu v závislosti na fyzické aktivitě jsou uvedeny v tabulce 1. [6,7]

Tabulka 1: Množství vyloučeného potu v závislosti na fyzické aktivitě [4]

Druh činnosti	Množství vody [$\text{g/m}^2/\text{hod}$]
Spánek	35 – 40
Sezení	50 – 60
Stání	60 – 70
Chůze	140 – 160
Běh	450 – 550

Systém organismus – oděv – prostředí

Systém organismus – oděv – prostředí je hlavním předmětem fyziologie odívání. Fyziologie odívání bere ohled na fyziologii lidského těla a na přenosu tepla a vlhkosti zadaných klimatických podmínek. Za hlavní fyziologicko – hygienické vlastnosti oděvu

lze označit schopnost propouštět vodní páry, tepelně – izolační vlastnosti a prodyšnost. Pro hodnocení oděvního komfortu jsou velmi důležité fyziologicko – hygienické vlastnosti oděvu a oděvních materiálů. [6, 7]

➤ **Organismus**

Organismus, nebo-li lidské tělo, můžeme chápat jako tepelný stroj, ve kterém dochází vlivem složitých metabolických procesů k výdeji a příjmu tepla. Termoregulační procesy jsou pak závislé na činnosti lidského těla a na daném prostředí. [7]

➤ **Oděv**

Hlavním úkolem oděvu je ochrana před klimatickými vlivy a před dalšími mechanickými a tepelnými vlivy. Oděv je vrstva, ve které dochází k prostupu tepla a vlhkosti. To je závislé na konstrukci oděvů, materiálovém složení či vrstvení oděvů a dalších parametrech. Předpokladem pro přijetí vodní páry okolním prostředím je co nejvyšší rozdíl parciálních tlaků vodních par (pokožky a prostředí). Rychlost odvodu vlhkosti je závislá právě na velikosti rozdílu parciálních tlaků vodních par. Oděv napomáhá k termoregulaci v podmínkách, kdy toho lidské tělo není schopno samo. [7]

➤ **Prostředí**

Prostředím jsou myšleny podmínky, ve kterých se lidské tělo nachází a pohybuje. Takové podmínky ovlivňují pocity lidského těla. Prostředí lze dělit do dvou typů oblastí: zeměpisné podnebí a pracovní prostředí. Oděv je nutné dobře zvolit podle toho, kde je využíván. V prostředí mimo objekt je důležité určit typ a tepelně-izolační hodnotu oděvu, to určuje zeměpisné podnebí. Jestliže se lidské tělo vyskytuje uvnitř objektu, je třeba dbát na podmínky pracovního prostředí a k tomu vhodně zvolit oděv. [7]

Pro zachování fyziologických funkcí v optimu a oděvního komfortu je nutné, aby oděv splňoval určité parametry. Mezi nejdůležitější patří paropropustnost,

hydrostatická odolnost, prodyšnost a mechanické vlastnosti materiálu, jako je například oděruvzdornost, pevnost nebo tažnost.

3.1 Paropropustnost

Paropropustnost je schopnost propouštět vodní páry vyprodukované lidským tělem (pot) od organismu přes oděvní systém do prostředí. Paropropustnost lze hodnotit metodou MVTR (moisture vapour transmission rates) v $[g/m^2/24 \text{ hod}]$, což znamená množství vodní páry v $[g]$, které je schopno odpařit se za 24 hodin přes $1 m^2$ měřené textilie. Čím vyšší hodnota, tím je textilie paropropustnější. Naopak u metody Ret vyjadřující odpor, který klade textilie při prostupu vodní páry $[m^2.Pa.W^{-1}]$, platí, že čím je hodnota menší, tím je materiál paropropustnější. Hodnocení propustnosti vodních par těmito metodami je znázorněno v tabulce 2. [8]

Tabulka 2: Kvalifikace paropropustnosti textilií [6]

Velmi dobrá	Ret < 6	nad 20 000 $g/m^2/24 \text{ hod}$
Dobrá	Ret 6 - 13	20 000 – 9 000 $g/m^2/24 \text{ hod}$
Uspokojivá	Ret 13 - 20	9 000 – 5 000 $g/m^2/24 \text{ hod}$
Neuspokojivá	Ret > 20	pod 5 000 $g/m^2/24 \text{ hod}$

3.1.1 Transport vlhkosti mezi organismem a okolím

Transport vlhkosti je fyzikální proces, kdy dochází k prostupu vodních par z místa o vyšší koncentraci do míst s nižší koncentrací až do vyrovnaní koncentrace. Závisí na okolních podmínkách, intenzitě zátěže a systému oblečení. [8, 9]

Vlhkost z povrchu pokožky přes oděv může být odváděna několika způsoby:

➤ Difúzí

Difuzní prostup vlhkosti z povrchu pokožky přes textilní vrstvu je proveden prostřednictvím pórů. Vlhkost prostupuje přes textilní vrstvu směrem nižšího parciálního tlaku vodní páry. Jednotlivé vrstvy oděvu vytvářejí difuzní odpor, který brzdí tento prostup. Při difúzním prostupu vlhkosti se neprojevuje vliv vlákenné

suroviny, ze které je textilie vyrobená, a to za předpokladu, že vlákna nemění svoji geometrii, např. následkem bobtnání. [8, 9]

➤ **Sorpčně**

Tento proces předpokládá, že textilie je vyrobena alespoň částečně ze sorpčních vláken. Vznik vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. [8, 9]

Difúzní a sorpční způsob transportu vlhkosti odvádí pot jako kapalinu i jako vodní páru. Z hlediska oděvního komfortu je optimální kombinace difúzní a sorpční transport vlhkosti. [8, 9]

3.2 Hydrostatická odolnost

V posledních letech, kdy jsou na funkční oděv kladeny stále vyšší nároky, se hydrostatická odolnost stala velmi důležitým faktorem. Hydrostatická odolnost je udávána jako výška vodního sloupce v milimetrech či v metrech.

Zkouška na zjištění odolnosti proti pronikání vody je provedena dle normy ČSN EN 20811 (Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody). Tuto zkoušku lze měřit na zkušebním přístroji Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas. Odolnost proti pronikání vody je stanovena výškou vodního sloupce, kterou textilie udrží. Stále se zvyšující tlak vody působí na jednu stranu zkušebního vzorku, dokud na třech místech nedojde k proniknutí vody. Zaznamenává se tlak, při kterém dojde k proniknutí vody na třetím místě. Výsledek vyjadřuje odolnost proti působení tlaku vody. V tabulce 3 jsou uvedeny příklady. [6, 26]

Tabulka 3: Odolnost proti působení tlaku vody [8]

Výška vodního sloupce [mm]	Charakteristika ochrany
5 000	Sezení na mokré lavičce, v mokré trávě
12 000	Klečení na kolenou v mokré trávě nebo sněhu
18 000	Odolnost vůči tlaku vody v místě popruhů těžkého batohu
30 000	Pád suchého lyžaře v plné rychlosti do mokrého sněhu

Odolnost proti pronikání vody lze označit:

- **Waterrezistant (waterproof):** nepromokavé materiály, zabraňují průniku a absorpci kapalné vlhkosti. Jsou to většinou textilie opatřené zátěrem.
- **Waterrepellent:** vodo-odpudivé materiály, oddalují průnik vlhkosti. Kapičky, které vznikají při kratším dešti, sklouznou po materiálu. Při větší zátěži voda proteče. Jsou to většinou materiály s povrchovou úpravou impregnací kalandrováním či napouštěním.
- **Waterproof/breathable:** nepromokavé/dýchající materiály, zabraňují průniku a absorpci kapalné vlhkosti a zajišťují odvětrávání pododěvního prostoru. Jsou to většinou materiály laminované s membránou.[4, 10]

3.3 Prodyšnost

Prodyšnost, nebo-li prostup vzduchu, je vlastnost, která ovlivňuje fyziologický komfort. Se vzduchem prostupuje také teplo a vlhkost. Pokud je oděv dostatečně propustný pro vzduch a pokud je vnější vzduch chladnější, lze při vysoké fyzické zátěži většinu tepla odvést ventilací. U sportovních oděvů, jako jsou například dresy nebo u letních oděvů je vysoká prodyšnost potřebná. Naopak u zimních oděvů, které jsou určeny do chladných a nepříznivých klimatických podmínek, je vysoká prodyšnost nežádoucí. Prodyšnost textilií je důležitou vlastností a je nezbytné tuto vlastnost hodnotit. To lze provést na přístroji FX 3300 dle normy ČSN EN ISO 9237 (Textilie - zjišťování prodyšnosti plošných textilií). Prodyšnost je rychlost proudu vzduchu, který prochází kolmo na zkušební vzorek při specifických podmínkách pro zkušební vzorek, tlakový spád a dobu. [6]

3.4 Tepelná propustnost

Množství tepla prošlého plošnou textilií se projevuje gradientem teploty. To je hodnota tepelného spádu, která určuje rychlost průniku tepla textilií. Podobně funguje také prostup tepla v mezivrstvě. V systému vrstev a mezivrstev u oděvních textilií je nestacionární průběh tepelného toku. Lidské tělo nemá všude stejnou teplotu, textilie kromě tepla transportuje také vlhkost a vzduch, rychlost pohybu vzduchu v mezivrstvě se mění, proto je složité zajistit nestacionární podmínky při měření tepelné propustnosti. Prostup tepla se většinou měří stacionárními metodami. Měření lze provést na přístroji Alambeta, který bude více popsán v experimentální části práce.[6, 7]

3.4.1 Transport tepla mezi organismem a okolím

Přenos tepla je proces, kdy dochází k předávání tepla z místa s vyšší teplotou do místa s teplotou nižší, to vyjadřuje teplotní spád. K přenosu tepla mezi organismem a okolím dochází několika způsoby:

➤ **Kondukcí (vedením)**

Přenos tepla vedením nastává, je-li pokožka v kontaktu s chladnějším prostředím. Dochází k němu v případě, že textilní vrstva těsně doléhá na pokožku a odnímá teplo kontaktním způsobem. [6, 7]

➤ **Konvekcí (prouděním)**

Při přenosu tepla prouděním je předpoklad, že mezi pokožkou a první oděvní vrstvou se nachází vzduchová mezivrstva, tzv. mikroklima, ve kterém dochází k proudění. Transport vzduchu je závislý na proudění vzduchu, odhalení těla a na rychlosti větru. Teplené ztráty narůstají za větru. [6, 7]

➤ **Radiací (sáláním)**

Při sálání je teplo z pokožky předáváno do okolí a naopak je pokožkou přijímáno prostřednictvím infračerveného záření. Ztráta tepla sáláním nastává, pokud je teplota organismu vyšší než teplota okolí, jinak dochází k přijímání tepla. [6, 7]

4 Membrány a zátěry pro oděvní účely

Nejen membrána nebo zátěr tvoří pohodlí nositele. Je to součást vrchního oděvu a to znamená až poslední vrstvy systému oblékání. Tuto vrstvu může také tvořit tkanina s velmi hustou dostavou, viz obrázek 2, například tkanina Ventile. V té jsou použity dlouhé vlákna bavlny v přízi utkané do těsné vazby. Vazba je o 30% hustší než u běžné tkaniny. Na tkaninu Ventile, je použita vazba Oxford. Počet nití v dostavě je 98 nití na 1 cm. Tkanina je nepromokavá, aniž by byla potřeba nějaké jiné úpravy. Působící vodu vlákna absorbují a zvětší svůj objem tak, že se uzavřou mezery v osnově i vpichy jehly a tak nemůže voda proniknout. Tato textilie je předchůdcem moderních nepromokavých textilií, které jsou většinou opatřeny zátěrem nebo membránou. [13]



Obrázek 2: Tkanina s hustou dostavou [8]

4.1 Zátěry

Zátěr je pružný, pevný film, který se nanáší v jedné nebo více vrstvách na tkaninu. Je to povrstvení či zatírání latexy, pryskyřicemi (polyvinylchlorid, polyuretan, akrylové nánosy, chloroprenový kaučuk, apod.). Takový zátěr je vodonepropustný a zároveň neprodyšný, to znamená, že není příliš hygienický a používá se spíše na batohy, stany nebo u svrchních oděvů například na sedla, náramenice či zesílení v namáhavých místech. Zátěr, který je prodyšný a hydrofobní, je také označován jako DWR (durable water repellent – stálá vodní odpudivost).

V tomto případě je na textilií nanesen elastický film, který má uzavřené uspořádání molekul a zamezuje vniknutí vody. Vodoodpudivá úprava z perfluoralkanů se po každém praní a žehlení 180°C vrátí do původního stavu. Voda po povrchu materiálu steče ve formě kapek. Tato úprava se hodí k použití na sportovní oděvy, většinou větrovky, svrchní pláštěviny apod. Dále může být zátěr prodyšný – mikroporézní. Na textilií je nanášen Polyvinylidenfluorid (PVDF). Při nanášení se uvolňuje CO₂, přičemž se nanesený film mění v houbovitou pórovitou strukturu s póry o průměru 0,2 – 0,3 μm. Prodyšný hydrofilní zátěr je polyuretan modifikovaný polyvinilalkoholem nebo polyuretan modifikovaný polyoxidem. Modifikace mají chemickou afinitu provodní páru umožňující její difúzi. Je zajištěno dostatečné množství paropropustnosti, pružnosti i trvanlivosti apod. a to díky rovnováze mezi hydrofyní a hydrofobní komponentou. Výhodou zátěrových materiálů oproti membránovým je nižší cena. [10, 15]

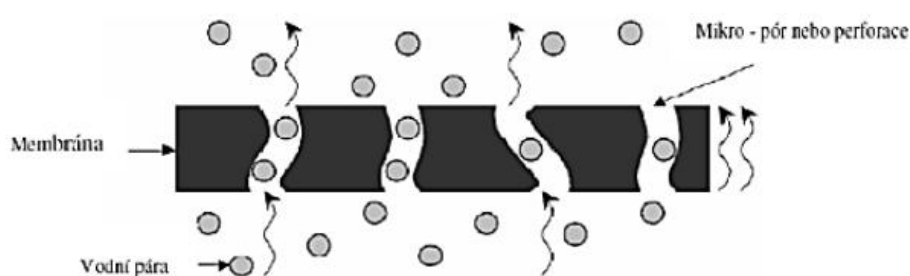
4.2 Membrány

Membrány jsou v oděvním průmyslu využívány pro zlepšení vlastností materiálu, se kterým jsou slaminovány, aby co nejvíce zvýšily pohodlí nositele oděvu. Membrána je tenká vrstva (0,2 mm – 10 μm) polymerního materiálu. Jsou použity zejména v outdoorovém vybavení, a to od oděvů jako jsou bundy, kalhoty či rukavice až po boty, batohy nebo stany. Použitím membrány se docílí znamenité paropropustnosti, hydrostatické odolnosti a větruodolnosti. Tyto parametry zajišťují pohodlí v oděvu. Výrobců membrán je značné množství. Liší se jak cenou, tak kvalitou. Většinou však všichni využívají stejnou skutečnost, že částice vody jsou větší než částice páry. Membrána tedy zabraňuje proniknutí vody z okolí do oděvu a zároveň umožňuje průnik vodních par (potu) z oděvu do okolí. Membrána se laminuje s vrchovým materiálem jako dvouvrstvý laminát nebo s vrchovým materiálem a podšívkou jako třívrstvý laminát. Může se také volně vložit mezi podšívku a vrchový materiál. Vrchní tkanina může být ještě chráněna impregnací, sníží se tak množství vody nasáklé do látky. Tloušťka membrány je řádově v jednotkách makrometrů. Jsou vyráběny z polymerního materiálu. Membrány mohou být mikroporézní hydrofobní. Asi nejznámějším výrobcem takové membrány je Gore-tex. Novinkou na trhu jsou

nanovláknenné membrány, které jsou také porézní. Jejich výrobcem je v České republice společnost Nanoprotex. Dalším druhem membrán jsou neporézní hydrofilní membrány. Známymi výrobci jsou například Sympatex nebo Dermizax. V následujících podkapitolách jsou více popsány zmíněné druhy membrán. [10, 15]

4.2.1 Mikroporézní hydrofobní membrány

Mikroporézní membrány jsou založeny na principu určitého poměru velikosti pórů k velikosti kapky vody a vodní páry. To znamená, že póry jsou prostupné pro vodní páry, ale pro kapku vody jsou příliš malé. Mikroskopické póry membrány jsou asi 20 000 krát menší než kapka vody a přitom 700 krát větší než molekuly vodní páry. Póry jsou rozmístěny náhodně a s lomenými dráhami, to zajišťuje odolnost proti větru. Na obrázku 3 je znázorněn princip systému pórů v membráně a průchodu vodní páry. Nejčastěji se na výrobu mikroporézní membrány používá polytetrafluoroetylen PTFE a ostatní fluoropolymerní produkty. Během používání těchto membrán může docházet k ucpávání pórů nečistotami, tukovými a prachovými částicemi či solemi. Výrobci jednotlivých materiálů proti tomu používají různé úpravy. Důležité je také vhodná údržba a použití vhodných prostředků pro údržbu u výrobků s mikroporézní membránou. Mezi nejznámější mikroporézní membrány patří Gore-tex a eVent. [8, 16]



Obrázek 3: Mikroporézní, hydrofobní membrána [8]

4.2.2 Nanovláknenné membrány

Při popisu nanovláknenné membrány, bude nejprve vysvětlen pojem nanovlákneno. Nanovláknena jsou speciálně vyráběná vlákna o průměru menším

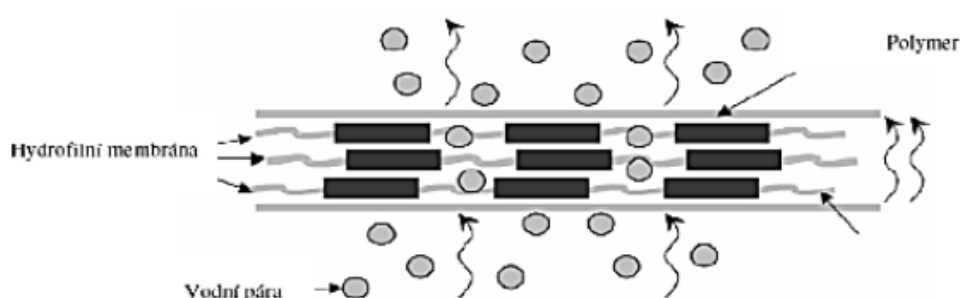
než 500 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-3} \text{ } \mu\text{m} = 10^{-9} \text{ m}$). Pro srovnání, mikroválkna se pohybují v řádu od $0,9 \text{ } \mu\text{m}$ a lidský vlas má průměr přibližně $80 \text{ } \mu\text{m}$, to znamená, že je zhruba 200 krát větší než průměrné nanovláknko. Výsledný průměr nanovláken je závislý na zvoleném materiálu a na konkrétních zvlákňovacích podmínkách. Nanoválkna se vyznačují základními vlastnostmi, jakými jsou nízká hustota, velký specifický měrný povrch, malá velikost pórů – dobrá prodyšnost, vysoký objem pórů, vysoká porozita, výborné mechanické vlastnosti v poměru ke hmotnosti, možnost aktivovat nanovláknenný materiál. Nejběžnější technologie výroby nanovláken je elektrostatické zvlákňování. To znamená vytvoření kapiláry z kapky polymeru procházejícího elektrostatickým polem s napětím až 50 kV. Známé jsou tři metody z trysky, z tyčky a z válečku. Nanoválkna jsou textilie s vysokou přidanou hodnotou. Celá řada světových odborníků a výzkumníků pracuje na vývoji nespočtu nových aplikací pro nanovláknenné materiály. Tyto materiály jsou využívány, mimo jiné, i ve funkčních oděvech a to ve formě nanovláknenných membrán. [17, 18]

Nanovláknenná membrána patří mezi porézní membrány. Mají více pórů na danou plochu než mikroporézní membrány díky své struktuře a průměru nanovláken. Vyznačují se vysokou paropropustností, u dvouvrstvého laminátu dosahuje hodnotu Ret pod $1,5 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ a samotná nanovláknenná membrána má Ret $0,0 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$, jak uvádí výrobce v České republice Nanoprotex. Dále tento výrobce uvádí hydrostatickou odolnost dvouvrstvých laminátů od 5000 mm až po 20 000 mm. Nanovláknenná membrána od firmy Nanoprotex je vyrobená z polyamidu 6, který má výhodu ve své tepelné stálosti při vysokých i nízkých teplotách, v údržbě při praní a mechanickém namáhání oproti PUR, PTFE a další. Nanovláknenná membrána Nanoprotex 1 bude použita v experimentální části této diplomové práce, kde budou také hodnoceny výsledky měření parametrů hydrostatické odolnosti, paropropustnosti, prodyšnosti a oděruvzdornosti. [19]

4.2.3 Neporézní hydrofilní membrány

Hydrofilní membrána pracuje na odlišném principu, viz obrázek 4. Tato membrána na rozdíl od předešlých nemá žádné póry. Je opatřena bezporézním

homogenním povlakem. Přenos vlhkosti je založen na chemicko – fyzikálním principu. Zkondenzovaná voda (pot) na vnitřní straně membrány je rozváděna do vlastního materiálu, na chvíli se tak stává součástí membrány a poté je chemicky transportována na povrch. Výhoda hydrofilních neporézních membrán jsou lepší možnosti elasticity a vysoké hodnoty vodního sloupce. Nevýhodou je prakticky nulový přenos plynů. Údržba je u těchto membrán poměrně snadná, obvykle stačí použití běžných pracích prostředků. Mezi nejznámější neporézní hydrofilní membrány patří Sympatex, Dermizax a Gelanots. [8, 16]



Obrázek 4: Neporézní, hydrofilní membrána [8]

Včleněním membrány do oděvního systému se zajistí ochrana proti povětrnostním vlivům a deštěm. Membrána by neměla zhoršovat omak, splývavost či vzhled. Způsoby spojení membrán s textilií jsou popsány v dalších odstavcích. [10]

4.2.4 Možnosti konstrukčního provedení membrán

V textilu pojem laminace označuje spojení dvou a více textilních materiálů, může to být spojení tkanin, pletenin i netkaných textilií stejného či různého složení. Membrány se mohou s textilií laminovat jako dvouvrstvý laminát, který je obvykle chráněn volnou podšívkou. Tento laminát je možno opatřit například tiskem, netkanou textilií apod. Lze ho označit jako dvou a půlvrstvý, není zde potřebná ochrana podšívkou. Dále se membrány mohou laminovat jako třívrstvý laminát, který je tvořen vrchovým materiálem, membránou a podšívkou, či jako volně vložená membrána tzv. Z-liner, kde je mezi vrchový materiál a podšívkou volně vložená membrána. [4]

➤ **Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou**

Samotný dvouvrstvý laminát se běžně nepoužívá z důvodu poškození membrány vlivem tření mezi nositelem a membránou. Má stejnou odolnost před proniknutím vody jako třívrstvý laminát, avšak samotný je lehčí a má lepší paropropustnost. Obvykle je dvouvrstvý laminát chráněn volnou podšívkou. V tomto případě také dochází ke tření mezi membránou a podšívkou, při čemž může dojít k poškození membrány. Také je mezi membránou a podšívkou vzduch, který ovlivňuje paropropustnost. Dvouvrstvý laminát je znázorněn na obrázku 5. [4]

➤ **Třívrstvý laminát**

Třívrstvý laminát je tvořen vrchovým materiálem, membránou a podšívkou. V tomto případě je membrána velmi dobře chráněna před třením a nečistotami. Může i dosahovat dobrých hodnot v paropropustnosti. Používá se nejběžněji, neboť odpadají potíže, které jsou u dvouvrstvého laminátu. Třívrstvý laminát je znázorněn na obrázku 6. [4]

➤ **Z-liner, volně vložená membrána**

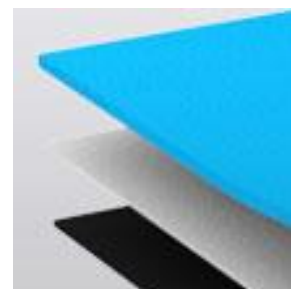
Membrána se také může použít jako volně vložená tzv. Z-liner. Tato membrána není laminována, je jen volně vložená mezi podšívku a vrchový materiál. Používá se tam, kde laminace není žádoucí, například z hlediska ohybové tuhosti. Z-liner, nebo-li volně vložená membrána, je znázorněna na obrázku 7. [4]



Obrázek 5: Dvouvrstvý laminát [20]



Obrázek 6: Třívrstvý laminát [20]



Obrázek 7: Z-liner, volně vložená membrána [20]

4.2.5 Způsoby spojení membrán s textilií – laminace

Membrána je velmi tenká fólie, jak již bylo uvedeno výše, jejíž tloušťka se pohybuje okolo 0,2 mm, proto jí nelze zpracovávat samostatně. Vždy se musí laminovat na textilní nosič, kterým může být tkanina, pletenina nebo netkaná textilie. Pomocí pojiva, tlaku a tepla se membrána připojuje k základní textilií, z čehož vznikne tzv. laminát jako výsledek tohoto procesu. [21]

Způsoby laminování:

- spojování pomocí polyuretanového lepidla střední viskozity mezi dvěma válci (horní-ocelový, spodní-potažený gumou) a sušení relativně nízkou teplotou 75 – 85°C
- spojování pomocí bodového nánosu pasty a šablonou na kalandru
- ultrazvukem (membrána + rouno)
- kašírováním (pomocí plamene) [21]

4.3 Podmínky zpracování zátěrových a membránových materiálů

Aby mělo smysl použití materiálů se zátěrem či membránou, musí být splněny podmínky zpracování takových materiálů. Pro zabezpečení nepromokavosti a těsnosti oděvu musí být všechny díly a součásti zhotoveny z těchto materiálů. Membrána nesmí být při zpracování poškozena, například se nesmí používat špendlíky, neboť se poškozením vytváří netěsná místa, kterými může pronikat vlhkost. Při použití podšívky nebo jiných doplňkových materiálů, nesmí být příliš snížena propustnost vodních par. Švy jsou zhotoveny buď za použití šicí jehly se zaobleným hrotem nebo nekonvečními způsoby spojování, například svařováním horkým vzduchem, horkým klínem. Použity jsou polyesterové nitě v normálním nebo vodoodpudivém provedení. Všechny šité švy výrobků s membránou by měly být zajištěny speciální natavenou plastovou páskou. [8]

5 Experimentální část

V experimentální části práce bude vytvořen zimní oděv. Konkrétně půjde o pánskou a dámskou zimní bundu. Nejprve bude vybrán vhodný vrchový materiál a to z hlediska komfortních vlastností. Hodnoceny budou zkoušky paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Prioritní ohled bude brán na paropropustnost, dále se zhodnotí zbylé zkoušky. Výsledkem bude jeden vybraný vrchový materiál. Prioritní ohled na paropropustnost je brán z důvodu použití materiálu s nanovláknennou membránou. Tato membrána zvýší vodní sloupec a sníží prodyšnost tak, aby materiál bylo vhodné použít pro zhotovení zimního oděvu. Paropropustnost by se však použitím nanovláknenné membrány měla změnit jen minimálně, proto hodnoty výparného odporu musí mít už samotný materiál co nejmenší. Dále se experiment bude věnovat laminaci vybraného vrchového materiálu s nanovláknennou membránou a zhodnocení změny paropropustnosti, prodyšnosti a hydrostatické odolnosti. Třetí část experimentu bude věnována tvorbě designu a konstrukci pánské a dámské zimní bundy. Design se zaměřuje na módní trendy jak sportovního charakteru, tak i pro běžné nošení. Na bundě musí být zastoupeny hlavní outdoorové prvky, což je kapuce, vnitřní kapsy, stahovací rukávy a dále například upevnění na sluchátka apod. Bundy budou zhotoveny firmou Tilak, která využije své technologie na zpracování, například podlepovací pásky na švy, voděodolné zipy a lehké zateplovací rouno s podšívkou.

Experiment

- Část 1: Výběr vhodného materiálu, který bude použit pro laminaci s nanovláknennou membránou
- Část 2: Porovnání vrchového materiálu bez a s nanovláknennou membránou
- Část 3: Design a konstrukce zimních oděvů, vyhotovení výrobků
- Část 4: Porovnání komfortních vlastností zimních oděvů (Bogner, Tilak – gore-tex se zhotoveným výrobkem s nanovláknennou membránou)

5.1 Charakteristika hodnocených zkoušek

V podkapitolách jsou popsány zkoušky pro komfortní vlastnosti, a to konkrétně paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Zkoušky jsou popsány podle norem.

5.1.1 Paropropustnost

Zkouška paropropustnosti je měřena na přístroji Permetest, viz obrázek 8, který představuje tzv. Skin model malých rozměrů. Pro simulaci potu je povrch modelu zvlhčován a je porézní. Na povrchu je přiložena separační folie, na kterou se pokládá měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována. Hodnoty z vykonaných měření jsou ukládány v počítači do programu Permetest.

Nejprve se změří tepelný tok bez vzorku. Poté se měření provede se zakrytou měřicí hlavicí kalibrační tkaninou, u které jsou známy hodnoty paropropustnosti a výparného odporu R_{et} . Tak se změří tepelný tok se vzorkem. Přístroj je pak zkalibrován. Před každým měřeným vzorkem je nutné změřit tepelný tok bez vzorku. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v programu Permetest.

Zkouška paropropustnosti se provádí dle normy EN 11092. Změřeno bylo deset vzorků od každého materiálu. Zkušební plocha měřeného vzorku byla 20 cm^2 . Měření je výparný odpor R_{et} , který se udává v $[\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}]$. [24]



Obrázek 8: Permetest

5.1.2 Prodyšnost

Prodyšnost vzduchu textilních materiálů je charakterizována jako schopnost propouštět vzduch za daných podmínek. Prodyšnost je rychlost proudu vzduchu, který prochází kolmo na zkušební vzorek při specifických podmínkách pro zkušební vzorek, tlakový spád a dobu. Zkouška prodyšnosti je měřena na přístroji FX 3300, viz obrázek 9.

Nejprve je měřený vzorek upnut bez napětí skladů či mačkání přes měřící hlavu. Poté se zmáčkne upínací rameno a tím se automaticky spustí proudění vzduchu. Dále se musí vybrat rozsah měření tak, aby barevný indikátor byl stabilizován v některé ze zelených zón. Výsledek je zaznamenán na displeji a je nutné si hodnotu zaznamenat. Tlakem na upínací rameno se rameno zvedne, tím se zastaví proudění vzduchu a zkouška je ukončena.

Zjištění prodyšnosti se provádí podle normy ČSN EN 9237 (Textilie - zjišťování prodyšnosti plošných textilií). U každého materiálu bylo provedeno deset měření. Plocha měřeného vzorku je 20 cm², tlakový spád se podle normy nastavuje pro oděvní textilie 100 Pa. Prodyšnost se uvádí v jednotkách [l/m²/s]. [25]



Obrázek 9: FX 3300

5.1.3 Hydrostatická odolnost

Odolnost proti pronikání vody je stanovena výškou vodního sloupce, kterou textilie udrží. Stále se zvyšující tlak vody působí na jednu stranu zkušební vzorku, dokud na třech místech nedojde k proniknutí vody. Zaznamenává se tlak, při kterém dojde k proniknutí vody na třetím místě. Výsledek vyjadřuje odolnost proti krátkodobému nebo střednědobému působení tlaku vody.

Nejprve se na displeji zvolí automatické napouštění vody. Voda automaticky naplní testovací prostor po testovací hladinu. Hladina vody pro měření musí být dodržena. Poté se nastaví příslušné jednotky pro měření vodního sloupce, zvolí se přírůstek tlaku podle norem, pro vrstvené textilie je to 60 cm a pro klasické 10 cm za minutu. Poté se upne měřený materiál lícem dolů, ruční kolo se dotáhne na maximum. Konec měření nastane při průniku třetí kapky vody. Zkouška se ukončí tlačítkem Stop a zaznamená se naměřená hodnota.

Zkouška na zjištění odolnosti proti pronikání vody je provedena dle normy ČSN EN 20811 (Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody). Byla měřena na zkušebním přístroji Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas, viz obrázek 10. Zkouška byla měřena na pěti zkušebních vzorcích, od každého materiálu, o ploše 100 cm², na kterou působil zvyšující se tlak vody. Hydrostatická odolnost se udává v jednotkách [mm]. [26]



Obrázek 10: Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas

5.1.4 Tepelná propustnost

Zkouška tepelné odolnosti je měřena přístroji Alambeta, viz obrázek 11, který pracuje na principu vyhřívání destičky, na kterou je položena měřená textilie. Na textilií je spouštěna měřící čelist. Přístroj dává informace o tepelném toku, plošném odporu vedení tepla, tloušťce materiálu, tepelné vodivosti a teplotní vodivosti.

Po zapnutí přístroje před vlastním měřením se spouští měřící hlavice asi 20 minut, aby byl přístroj připraven a výsledky měření byly přesnější. Poté se do přístroje vloží vzorek. Naměřená data lze uložit a přístroj také může vypočítat statisticky hodnoty. Naměřené výsledky se zaznamenají do protokolu a může se měřit další vzorek.

Tepelná propustnost je provedena dle normy EN 11092. U každého materiálu bylo provedeno deset měření. Plocha měřeného vzorku je 100 mm^2 . Přítlak hlavice byl 1000 Pa. Měřen byl tepelný odpor, který se udává v jednotkách $[\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}]$.



Obrázek 11: Alambeta

5.2 Výběr vhodné vrchové textilie z hlediska komfortních vlastností

Tato část práce se bude zabývat hodnocením komfortních vlastností vrchových materiálů a výběrem jednoho z nich. Konkrétně budou vyhodnoceny zkoušky paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Zhodnoceno bude šestnáct materiálů, osm polyamidových a osm polyesterových tkanin s různými vlastnostmi. V tabulce 4 je uvedeno materiálové složení a plošná hmotnost hodnocených tkanin. Vybraný materiál bude laminován s nanovláknennou membránou, která má za úkol zajistit optimální komfortní vlastnosti, paropropustnost, prodyšnost a hydrostatickou odolnost tak, aby materiál mohl být použit pro výrobu funkčních zimních oděvů.

Tabulka 4: Parametry materiálů používaných na zimní oděvy

Parametry	Materiálové složení	Plošná hmotnost [g/m ²]	Typ textilie
A	100% PA	36	Tkanina
B	100% PA	55	
C	100% PA	70	
D	100% PA	101	
E	100% PA	110	
F	100% PA	115	
G	100% PA	133	
H	100% PA	160	
I	100% PL	60	
J	100% PL	85	
K	100% PL	94	
L	100% PL	107	
M	100% PL	129	
N	100% PL	132	
O	100% PL	134	
P	100% PL	170	

Návrh experimentu:

Cíl: Výběr vhodného materiálu, který bude použit pro laminaci s nanovláknennou membránou

Odezva: paropropustnost, hydrostatická odolnost, prodyšnost

Faktory: typ materiálu (8x PA vzorků a 8x PL vzorků)

H₀: Paropropustnost, hydrostatická odolnost a prodyšnost nezávisí na vlastnostech tkaniny.

H_A: Paropropustnost, hydrostatická odolnost a prodyšnost je závislá na vlastnostech tkaniny.

Použitý software: MS Excel, Statistica

- Jednofaktorová ANOVA, Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání

V tabulce 5 jsou uvedeny výsledky měření jednotlivých materiálů. V podkapitolách je popsán způsob měření pro každou zkoušku, konkrétně pro paropropustnost, prodyšnost a hydrostatickou odolnost. Poté jsou zkoušky statisticky zhodnoceny a graficky znázorněny naměřené výsledky. Data pochází z normálního rozdělení. V příloze A jsou uvedeny všechny naměřené hodnoty pro jednotlivé vrchové materiály.

Tabulka 5: Výsledky měření vrchových materiálů

Materiál	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]		Hydrostatická odolnost [mm]		Výparný odpor Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]	
	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl
A	2,01	0,072	552	800,5	2,4	0,133
B	19,4	0,053	271	270,5	2,5	0,135
C	269	330,4	172	1006	1,7	0,022
D	5,46	0,088	229	613,5	4,2	0,086
E	261	162,8	0	0	3,5	0,124
F	40,1	75,16	402	289	2,8	0,097
G	21,58	3,235	250	314,5	2,88	0,068
H	36	10,28	251	628,5	5,05	0,053
I	2,5	0,117	460	708,5	2,4	0,091
J	71,7	7,982	0	0	1,6	0,031
K	8,94	0,085	179	200	1,3	0,022
L	8,61	0,021	390	308,5	1,15	0,027
M	302,3	767,1	750	524,5	2,03	0,062
N	241	349,5	680	583,5	1,65	0,031
O	504,6	9095	80,1	12,585	1,97	0,084
P	6,504	0,334	406	468,5	2,74	0,076

5.2.1 Vyhodnocení paropropustnosti

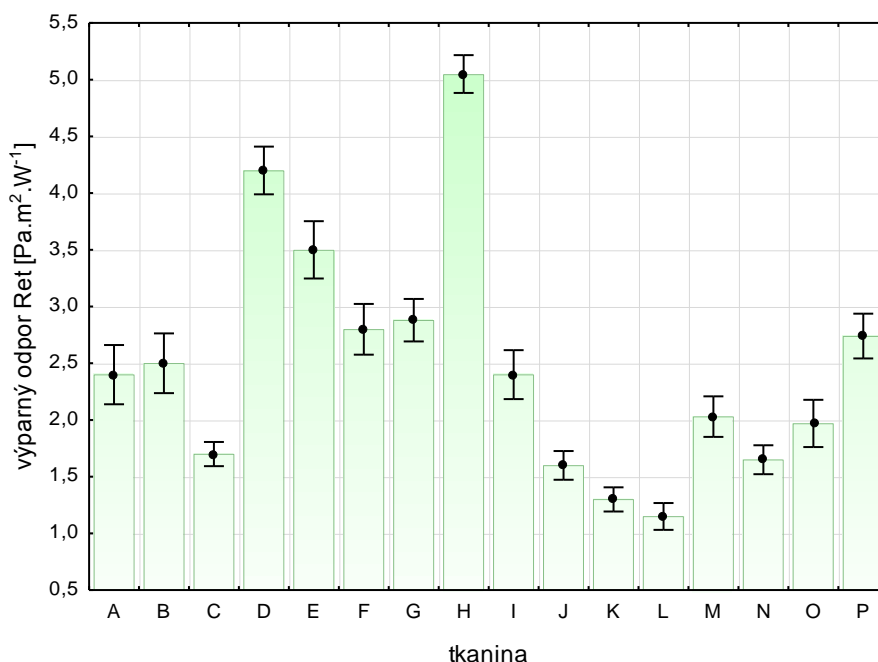
Naměřené hodnoty paropropustnosti, respektive výparného odporu materiálů s označením „A“ až „P“ jsou uvedeny v příloze A. Data pocházejí z normálního rozdělení a jsou statisticky zpracovány metodou jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) a poté Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání, ze které vyplyne jaký materiál je nejvhodnější pro vytvoření funkčních zimních oděvů a laminaci s nanovláknennou membránou.

Na základě analýzy rozptylu, viz tabulka 6, se zamítá nulová hypotéza na pěti procentní hladině významnosti. A naopak alternativní hypotéza se přijímá, to znamená, že paropropustnost je závislá na vlastnostech tkaniny.

Měřen byl výparný odpor Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]. Aby byla paropropustnost co nejvyšší, musí být hodnota výparného odporu co nejnižší. Z grafu 1 je patrné, že materiály s označením „K“ a „L“ vycházejí dle naměřených hodnot nejlépe. Avšak nelze vybrat jeden z nich, neboť jejich meze intervalu spolehlivosti se překrývají a proto není statisticky významný rozdíl v naměřených datech. V jednoduchosti lze říci, že materiály s označením „K“ a „L“ mají stejné hodnoty paropropustnosti. A jelikož mají nejnižší hodnoty výparného odporu, jsou nejvhodnější pro použití v laminátu s nanovláknennou membránou pro funkční zimní bundy.

Tabulka 6: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnosti</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	166,4024	15	11,0935	154,5384	1,01E-80	1,736359
Všechny výběry	10,337	144	0,071785			
Celkem	176,7394	159				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání

Graf 1: Výparný odpor Ret [Pa.m².W⁻¹]

5.2.2 Vyhodnocení prodyšnosti

Naměřené hodnoty prodyšnosti všech materiálů jsou uvedeny v příloze A. Hodnoty pocházejí z normálního rozdělení. Jsou statisticky zpracovány metodou jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) a Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání, při kterém jsou graficky znázorněny průměry a meze spolehlivosti, podle kterých lze zjistit, zda jsou výsledky statisticky významné.

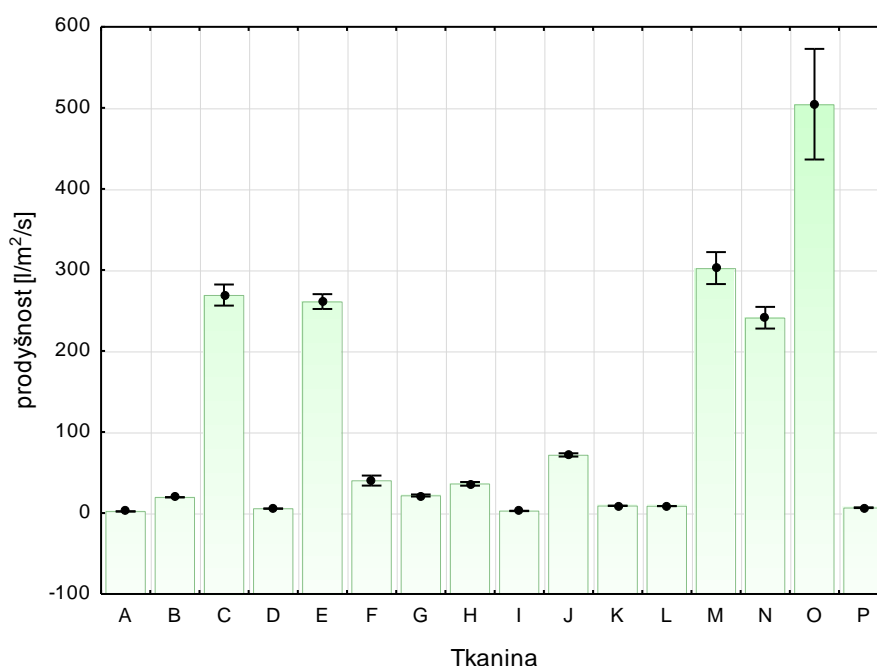
Na základě analýzy rozptylu, viz tabulka 8, se zamítá nulová hypotéza a přijímá se alternativní, a to na hladině významnosti pět procent. Z toho vyplývá, že prodyšnost je závislá na vlastnostech tkaniny.

Z mnohonásobného porovnávání, znázorněné v grafu 2, vyplývá, že materiály s označením „K“ a „L“ splňují podmínky pro zhotovení funkční zimní bundy i ve zkoušce prodyšnosti. Jelikož materiál bude použit pro zimní oděv, je nutné, aby měl co nejnižší hodnoty prodyšnosti. V grafu 2 je vidět, že i další materiály dosahují poměrně nízkých hodnot v prodyšnosti i nižších než materiály „K“ a „L“, ale hlavním kritériem pro výběr byla první hodnocená zkouška paropropustnost, a proto zůstávají vybrány materiály s označením „K“ a „L“.

Tabulka 7: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnost</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	3510344	15	234023	346,6101	7,4E-105	1,736359
Všechny výběry	97225,4	144	675,1764			
Celkem	3607570	159				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání



Graf 2: Prodyšnost [l/m²/s]

5.2.3 Vyhodnocení hydrostatické odolnosti

Naměřené hodnoty hydrostatické odolnosti jsou uvedeny v příloze A, pocházejí z normálního rozdělení. Zpracovány jsou metodou jednofaktorové analýzy rozptylu a Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání. Vysoký vodní sloupec bude po laminaci zajišťovat hlavně nanovláknenná membrána.

Na základě analýzy rozptylu je na pětiprocentní hladině významnosti zamítnuta nulová hypotéza a přijata alternativní hypotéza, to znamená, že hydrostatická odolnost je závislá na vlastnostech tkaniny.

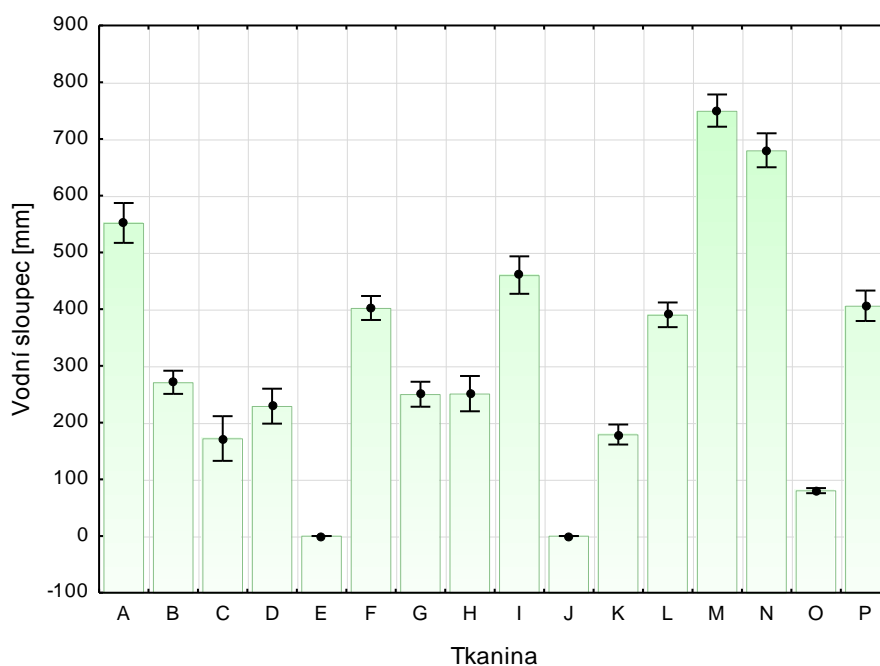
V grafu 3 je názorně vidět, že při hodnocení hydrostatické odolnosti zkoušených materiálů nemají dva vybrané materiály z předchozích zkoušek nejvyšší hodnoty.

Jelikož je brán největší ohled na paropropustnost materiálů, bude se rozhodovat ve zkoušce hydrostatické odolnosti jen mezi materiály s označením „K“ a „L“. Mezi těmito materiály je velký rozdíl v hydrostatické odolnosti. Vyšší vodní sloupec má materiál „L“, a proto bude vybrán pro další použití, a to v laminaci s nanovláknennou membránou. Poté bude materiál použit pro vyhotovení funkční pánské a dámské zimní bundy.

Tabulka 8: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnost</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	3656403	15	243760,2	579,6409	2,75E-62	1,825586
Všechny výběry	26914,34	64	420,5366			
Celkem	3683317	79				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání

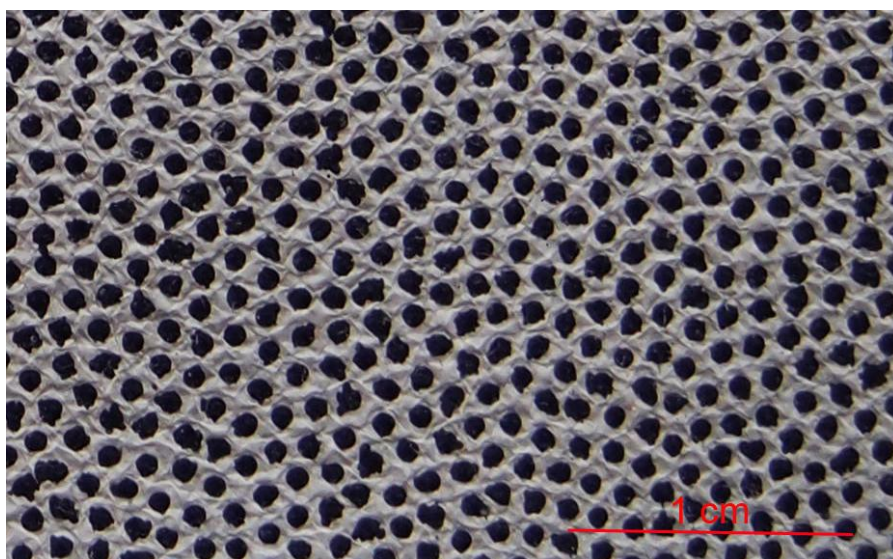


Graf 3: Hydrostatická odolnost [mm]

V další části bude porovnán vybraný vrchový materiál před a po laminaci s nanovláknennou membránou, která má za úkol zajistit optimální komfortní vlastnosti pro použití na zimní bundy.

5.3 Porovnání vrchového materiálu bez a s nanovláknennou membránou

Cílem této části práce je porovnání vybraného vrchového materiálu před laminací a po laminaci s nanovláknennou membránou, která je znázorněna na otázku 12. Zkoušky jsou zhotoveny stejné jako u výběru vrchového materiálu, a to paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Předpokládá se, že nanovláknenná membrána dodá materiálu optimální komfortní vlastnosti pro použití na funkční zimní oděv. To znamená, že by se u tohoto materiálu měla zvýšit hydrostatická odolnost a prodyšnost naopak snížit. V tabulce 9 jsou uvedeny průměry a rozptyly pro jednotlivé zkoušky. Všechny hodnoty měření se nachází v příloze B. Níže jsou hodnoty statisticky vyhodnocené a graficky znázorněné. Pro zhotovení funkční zimní dámské a pánské bundy bude použit tento laminát vybrané vrchové textilie s nanovláknennou membránou a doplňkový vrchový materiál. Doplňkový materiál nebyl srovnáván a vybírán z ostatních materiálů, protože má velmi odlišné vlastnosti a strukturu. Jedná se o prací kord s materiálovým složením 100% PL. Doplňkový materiál je měřen ve stejných zkouškách, ale jen po laminaci s nanovláknennou membránou. Hodnoty tohoto materiálu budou uvedeny v tabulce 10 a všechna naměřená data pro doplňkový materiál jsou v příloze B.



Obrázek 12: Nanovláknenná membrána

Tabulka 9: Výsledky měření vybraného materiálu

Materiál	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]		Hydrostatická odolnost [mm]		Výparný odpor Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]	
	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl
L1	8,61	0,021711	390	308,5	1,15	0,027222
L2	4,349	0,057277	16 714	106130	1,48	0,006222

Tabulka 10: Výsledky měření doplňkového materiálu

Materiál	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]		Hydrostatická odolnost [mm]		Výparný odpor Ret [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]	
	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl
Doplňový materiál	4,048	0,018529	15749,8	297303,7	3,72	0,019556

L1 vybraný vrchový materiál

L2 vybraný vrchový materiál s laminací s nanovláknennou membránou

doplňkový materiál: vrchový materiál s laminací s nanovláknennou membránou

Návrh experimentu

Cíl: porovnání vrchového materiálu bez a s nanovláknennou membránou

Odezva: paropropustnost, hydrostatická odolnost, prodyšnost

Faktory: materiál (bez a s nanovláknennou membránou)

H0: $\mu_1 = \mu_2$, **HA:** $\mu_1 \neq \mu_2$

μ_1 ... střední hodnota veličiny pro materiál bez nanovláknenné membrány

μ_2 ... střední hodnota veličiny pro materiál s nanovláknennou membránou

Použitý software: MS Excel, Statistica

➤ Dvouvýběrový T-test, krabicový graf

5.3.1 Vyhodnocení paropropustnosti

Je hodnocen vybraný vrchový materiál před laminací a po laminaci s nanovláknennou membránou. Při zkoušce paropropustnosti se předpokládá, že se hodnoty rapidně nezmění. Není vyloučeno, že hodnoty paropropustnosti budou

o nevýznamně velkou hodnotu horší u nalaminovaného materiálu. To by bylo důsledkem použitého pojiva mezi nosným materiálem a nanovláknennou membránou. Všechny hodnoty jsou uvedeny v příloze B. Data pochází z normálního rozdělení. Výsledky jsou statisticky vyhodnoceny dvouvýběrovým T-testem. Na základě F-testu byl použit dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů, viz tabulka 15.

Dle dvouvýběrového T-testu, viz tabulka 14, se na hladině významnosti pět procent nulová hypotéza zamítá a přijímá se alternativní hypotéza, z čehož vyplývá, že střední hodnoty naměřených dat výparného odporu materiálů s nanovláknennou membránou a bez nanovláknenné membrány se nerovnají.

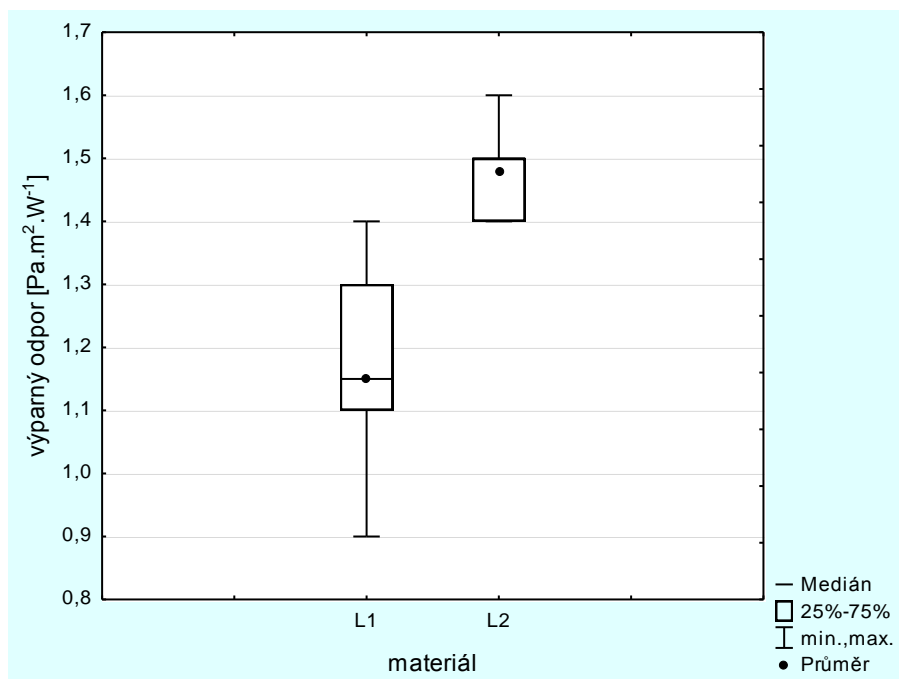
Z grafu 4 je patrné, že se u materiálu s označením L2, to je materiál s nanovláknennou membránou, nepatrně zhoršila paropropustnost. To je důsledkem pojiva mezi nosným materiálem a nanovláknennou membránou. Proto už nosný materiál byl vybírán prioritně dle hodnot paropropustnosti.

Tabulka 11: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů

	L1	L2
Stř. hodnota	1,15	1,48
Rozptyl	0,027222	0,006222
Pozorování	10	10
Společný rozptyl	0,016722	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Stupně volnosti	13	
t Stat	-5,70627	
P(T<=t) (1)	3,61E-05	
t krit (1)	1,770933	
P(T<=t) (2)	7,22E-05	
t krit (2)	2,160369	

Tabulka 12: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl

	L1	L2
Stř. hodnota	1,15	1,48
Rozptyl	0,027222	0,006222
Pozorování	10	10
Stupně volnosti	9	9
F	4,375	
P(F<=f) (1)	0,019295	
F krit (1)	3,178893	



Graf 4: Výparný odpor [Pa.m².W⁻¹] – krabicový graf

5.3.2 Vyhodnocení prodyšnosti

Při zkoušce prodyšnosti je porovnáván vybraný vrchový materiál bez a s nanovláknennou membránou. Protože materiál je určen pro zimní oděv, je potřeba co nejnižší prodyšnost. Nanovláknenná membrána by měla zajistit nosnému materiálu nižší prodyšnost. Všechna naměřená data jsou uvedena v příloze B a pocházejí z normálního rozdělení. Hodnoty jsou statisticky zhodnoceny pomocí dvouvýběrového T-testu. Zvolen byl dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů, a to na podkladě dvouvýběrového F-testu pro rozptyl, viz tabulka 17.

Na základě dvouvýběrového T-testu, viz tabulka 16, se zamítá nulová hypotéza na hladině významnosti pět procent. Alternativní hypotéza se přijímá, to znamená, že střední hodnoty naměřených dat prodyšnosti materiálu bez a s nanovláknennou membránou se nerovnají.

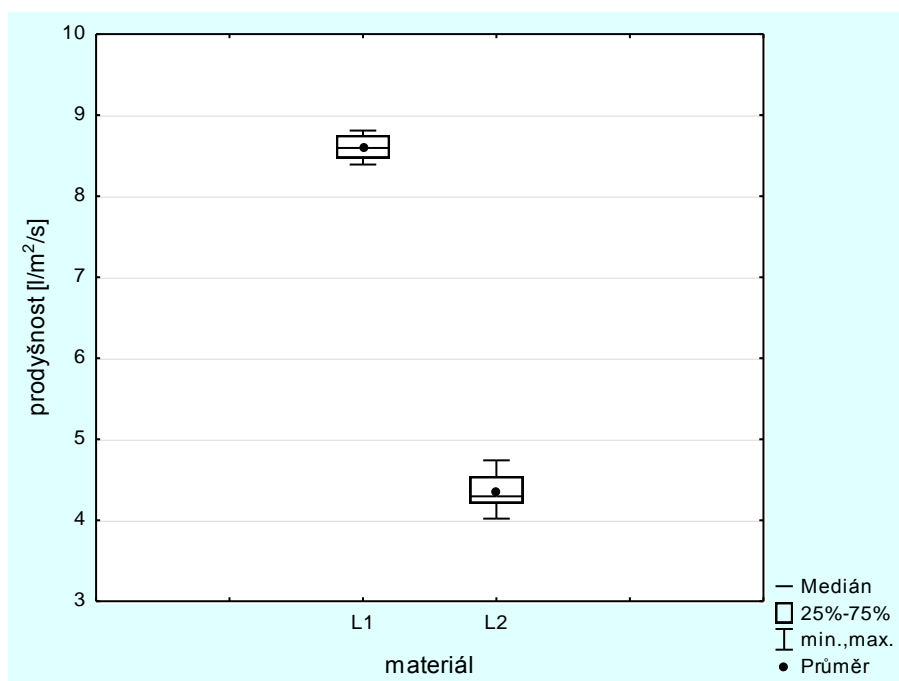
Jelikož je materiál použit na zimní oděv, je potřeba co nejnižších hodnot prodyšnosti. V grafu 5 je vidět, že se u nalaminovaného materiálu rapidně snížily hodnoty prodyšnosti.

Tabulka 13: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů

	L1	L2
Stř. hodnota	8,61	4,349
Rozptyl	0,021711	0,057277
Pozorování	10	10
Společný rozptyl	0,039494	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Stupně volnosti	15	
t Stat	47,9437	
P(T<=t) (1)	3,94E-18	
t krit (1)	1,75305	
P(T<=t) (2)	7,88E-18	
t krit (2)	2,13145	

Tabulka 14: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl

	L1	L2
Stř. hodnota	8,61	4,349
Rozptyl	0,021711	0,057277
Pozorování	10	10
Stupně volnosti	9	9
F	0,379057	
P(F<=f) (1)	0,082308	
F krit (1)	0,314575	

Graf 5: Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$] – krabicový graf

5.3.3 Vyhodnocení hydrostatické odolnosti

Zkouška hydrostatické odolnosti byla měřena na vybraném vrchovém materiálu bez a s nanovláknennou membránou. Tyto materiály byly porovnávány, z čehož materiál s nanovláknennou membránou zvýší nosnému materiálu voděodolnost. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze B a pocházejí z normálního rozdělení. Data jsou statisticky zhodnocené pomocí dvouvýběrového T-testu s nerovností rozptylů, který byl zvolen na základě dvouvýběrového F-testu pro rozptyl, viz tabulka 19.

Na základě dvouvýběrového T-testu, viz tabulka 18, se nulová hypotéza zamítá a přijímá se alternativní hypotéza. Z toho vyplývá, že střední hodnoty naměřených dat prodyšnosti materiálu bez a s nanovláknennou membránou se nerovnají.

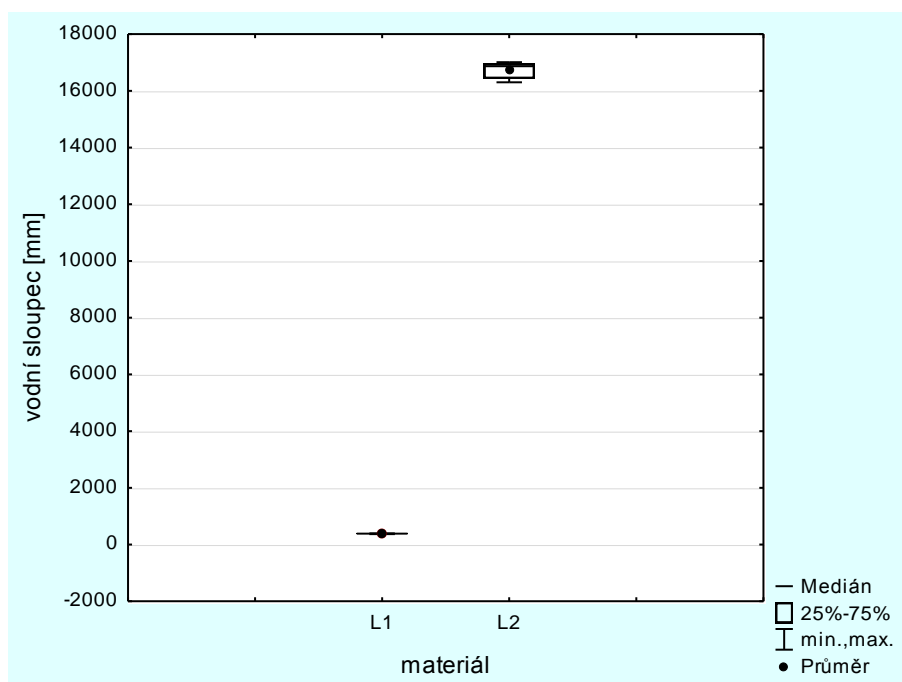
Z grafu 6 je patrné, že se hodnoty u materiálu s nanovláknennou membránou nesrovnatelně zvýšily. Materiál nalaminovaný s nanovláknennou membránou dosahuje hodnot vodního sloupce přes 16 000 mm, to znamená, že materiál bude optimálně voděodolný pro použití na zhotovení zimních bund.

Tabulka 15: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů

	L1	L2
Stř. hodnota	390	16714
Rozptyl	308,5	106130
Pozorování	5	5
Společný rozptyl	53219,25	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Stupně volnosti	4	
t Stat	-111,883	
P(T<=t) (1)	1,91E-08	
t krit (1)	2,131847	
P(T<=t) (2)	3,83E-08	
t krit (2)	2,776445	

Tabulka 16: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl

	L1	L2
Stř. hodnota	390	16714
Rozptyl	308,5	106130
Pozorování	5	5
Stupně volnosti	4	4
F	0,002907	
P(F<=f) (1)	2,52E-05	
F krit (1)	0,156538	



Graf 6: Hydrostatická odolnost [mm] – krabicový graf

5.4 Design a konstrukce zimního oděvu

V této kapitole se práce zabývá designem a konstrukcí oděvů do zimního počasí. Design bude vztažen na pánskou a dámskou zimní bundu, která bude mít vysokou úroveň komfortních vlastností díky aplikaci nanovlákněné membrány, při zachování originálního stylu a elegance. Módní zimní bundy budou vyhotoveny z vybraného vrchového materiálu a z doplňkového materiálu, jehož vlastnosti jsou uvedeny výše. Bundy jsou designovány pro sportovní účely i pro běžné nošení. V tomto se liší od ostatních funkčních oděvů do zimního počasí, které jsou ve většině případů určeny jen pro sportovní účely. I přesto, že navržené zimní bundy jsou módní a lze je používat i pro běžné nošení, jsou také vybaveny prvky, které jsou vlastní ryze sportovním a funkčním oděvům. Těmito prvky jsou myšleny například kapsy na přehrávače hudby, kapuce, voděodolné zipy, podlepené švy voděodolnou páskou a další prvky jako jsou například úchytky pro sluchátka apod.

Pánská a dámská zimní bunda je konstruovaná na konkrétní tělesné rozměry. Konstrukce je vypracovaná v programu Adobe Illustrator.CS6. Metodika měření tělesných rozměrů je provedena dle normy ČSN 80 0090. Byly změřeny rozměry: *výška postavy* (od základní roviny k temennímu bodu), *výška trupu* (od 7. krčního obratle k rozkroku), *čelní šířka zad* (mezi zadními podpažními body), *zadní hloubka podpaží* (od vrcholu 7. krčního obratle podél páteře k hornímu okraji pomocné pásky, která je vedena příčně mezi zadními podpažními body), *délka zad* (od vrcholu 7. krčního obratle podél páteře k zadnímu pasovému bodu), *šířka ramene* (od bočního krčního bodu na kořeni krku k ramennímu bodu ve středu šířky ramenního kloubu), *délka od bočního krčního bodu k zápěstí* (od bočního krčního bodu přes ramenní bod na vnější straně horní končetiny k zápěstnímu bodu na malíkové straně), *obvod krku* (měří se po kořeni krku), *obvod hrudníku* (vodorovně kolem hrudníku), *obvod pasu* (kolem trupu v úrovni bočních pasových bodů), *obvod boků* (kolem pánve v úrovni horních zevních bodů kyčelních hřebenů), *obvod sedu* (kolem pánve), *obvod zápěstí* (v úrovni spodního výčnělku loketní kosti). [23]

5.4.1 Vyhotovení výrobků

Navržená a vykonstruovaná pánská a dámská zimní bunda je zhotovena firmou Tilak a.s., která použila své technologie pro zpracování, například podlepení švů voděodolnou páskou, voděodolné zipy a podšívku s velmi lehkým syntetickým roumem Climashield® Apex. Bundy jsou zhotoveny metodou MTM (Made To Measure), nebo-li měřenkovou metodou, která je popsána níže.

MTM (Made To Measure)

Metoda MTM (Made To Measure), nebo-li měřenka, je moderní postup zakázkové výroby. Tvoří se tak oděvy pro individuální zákazníky s výhodami průmyslového zpracování výroby. Je to spojení prvků sériové výroby (vysoká kvalita a nižší cena) a zakázkové výroby (přizpůsobení oděvů proporcím a požadavkům konkrétního zákazníka). Při této výrobě je možnost přidání speciálních prvků, například kapsa na mobilní telefon, poutka pro úchyt sluchátek, našití emblému apod. Většinou má taková zakázka možnost expresního vyřízení, tzn. zakázka má absolutní přednost ve výrobě. Materiál lze vybrat z katalogu firmy či na objednání nebo si zákazník může dodat svůj materiál. [22]

Tato metoda je využita při tvorbě již zmíněné pánské a dámské bundy. Na obrázku 13 jsou návrhy pro tyto bundy. Na obrázku 14 je znázorněná hotová dámská zimní bunda. Vyhotovená pánská bunda v práci není znázorněna, neboť byla hned po vypracování převezena na výstavu. V příloze C jsou technické nákresy dámské i pánské zimní bundy.



Obrázek 13: Návrh pánské a dámské zimní bundy



Obrázek 14: Dámská zimní bunda

5.5 Porovnání komfortních vlastností konkurenčních zimních oděvů

Tato část práce porovnává zhotovené zimní bundy z vybraného vrchového materiálu s nanovláknennou membránou s konkurenčními výrobky. Konkrétně se zimní bundou od značky Tilak a se zimní bundou značky Bogner. Navržená zimní bunda bude označována jako Nano.

Značka Tilak byla vybrána z důvodu, že jako jedna z mála českých značek získala licenci na výrobu outdoorového oblečení z laminátů od společnosti Gore-tex. Membrána gore-tex je jednou z nejvíce propagovaných membrán vůbec. Je to mikroporézní membrána vyráběná z polytetrafluoretylenu (PTFE). Membrány gore-tex patří k těm nejdražším, avšak jsou velice kvalitní. Značka Tilak se zaměřuje především na funkčnost, padnoucí střih a preciznost ve zhotovení celého oděvu. Dále budou

zhotovené zimní bundy porovnávány se zimní bundou značky Bogner. Tato značka byla vybrána, protože se zaměřuje nejen na funkčnost, ale hlavně i na design. Tuto značku lze označit jako průkopníka ve výrobě funkčních oděvů nejen pro sport, ale i pro běžné nošení. Oblibu ve značce Bogner naleznou hlavně zákazníci, kteří jsou ochotni zaplatit vysoké ceny za oblečení, které budou moci využít jak pro sportovní aktivity, tak i pro běžné nošení.

Jedna část práce se zabývá právě designem a střihem zimních oděvů, které bude vhodné využít nejen pro sport. Při tom však je nutné dodržet optimální komfortní vlastnosti, které zajišťuje nanovláknenná membrána. Parametry zkoumaných oděvů jsou uvedeny v tabulce 17, kde jsou uvedeny i ceny jednotlivých výrobků podle internetových e-shopů firem. Výsledkem porovnání s těmito konkurenčními oděvy bude, zda cena odpovídá funkčnosti zimních oděvů, kterou dané značky velice propagují a zda se navržený a zhotovený zimní oděv vyrovná komfortním vlastnostem konkurenčních výrobků.

Tabulka 17: Parametry materiálů zimních bund

Zimní bunda			
Značka	Tilak	Bogner	Nano
Cena [Kč]	7 000	22 000	6 000 – 8 000
Vrchová textilie			
Parametry	Tilak	Bogner	Nano
Materiálové složení nosného materiálu	100% PL	100% PA	100% PL
Nosný materiál	Tkanina	Tkanina	Tkanina
Typ textilie	2 – vrstvý laminát	zátěr	2 – vrstvý laminát
Membrána	Gore-tex	100% PU zátěr	Nanoprotex 1
Podšívková textilie			
Parametry	Tilak	Bogner	Nano
Typ textilie	Tkanina	Tkanina	Tkanina
Výplň			
Parametry	Tilak	Bogner	Nano
Typ textilie	Syntetické rouno Climashield® Apex	100% husí prachové peří	Syntetické rouno Climashield® Apex
Plošná hmotnost[g/m ²]	100	80	100
Zimní bunda			
Značka	Tilak	Bogner	Nano
Tloušťka [mm]	2,92	2,23	3,64

V tabulce 18 jsou výsledky měření zkoušek prodyšnost, paropropustnost a tepelná propustnost. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze D. Hydrostatická odolnost není změřena z důvodu poničení výrobků.

Tabulka 18: Výsledky měření zimních bund

Materiál	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]		Výparný odpor Ret [$\text{Pa.m}^2.\text{W}^{-1}$]		Tepelný odpor [$\text{K.m}^2.\text{W}^{-1}$]	
	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl	Průměr	rozptyl
Tilak	7,447	0,088401	16,25	0,102778	0,1598	0,000528
Bogner	4,288	0,113151	29,7	0,506667	0,1245	0,000171
Nano	8,544	0,040004	12,93	0,126778	0,1751	0,000264

Návrh experimentu

Cíl: porovnání komfortních vlastností konkurenčních zimních oděvů

Odezva: paropropustnost, hydrostatická odolnost, prodyšnost

Faktory: zimní oděv

H₀: paropropustnost, prodyšnost a tepelná propustnost nezávisí na hodnocené zimní bundě

H_A: paropropustnost, prodyšnost a tepelná propustnost je závislá na hodnocené zimní bundě

Použitý software: MS Excel, Statistica

- Jednofaktorová ANOVA, Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání

5.5.1 Vyhodnocení paropropustnosti

Zkouška paropropustnosti byla měřena na třech výše popsaných zimních bundách. Všechna naměřená data jsou uvedeny v příloze D a pocházejí z normálního rozdělení. Statisticky jsou vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) a poté vyhodnoceny Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání.

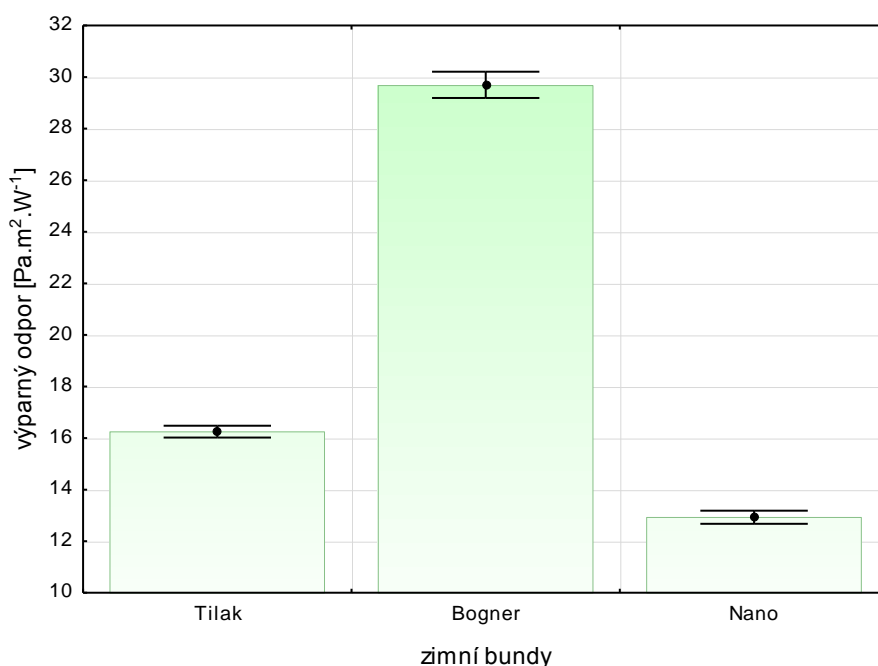
Na základě jednofaktorové analýzy rozptylu, viz tabulka 19, je zamítnuta nulová hypotéza a zároveň přijata alternativní, to znamená, že paropropustnost je závislá na hodnocené zimní bundě.

Měřen byl výparný odpor, a jak již bylo zmíněno, aby byl materiál co nejvíce propustný pro páry, musí mít výparný odpor co nejmenší hodnoty. Z grafu 7 je patrné, že zhotovená bunda s nanovláknennou membránou dosahuje nejmenších hodnot výparného odporu. Naopak bunda značky Bogner dosahuje největších hodnot výparného odporu, což může způsobit, že se uživatel nebude cítit komfortně například při větší zátěži, kdy se může více potit.

Tabulka 19: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnost</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	1577,193	2	788,5963	3213,417	7,78E-33	3,354131
Všechny výběry	6,626	27	0,245407			
Celkem	1583,819	29				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání



Graf 7: výparný odpor [Pa.m².W⁻¹]

5.5.2 Vyhodnocení prodyšnosti

Zkouška prodyšnosti byla hodnocena pro již zmíněné zimní bundy. Všechna naměřená data jsou uvedena v příloze D a pocházejí z normálního rozdělení. Jsou

statisticky vyhodnocená pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) a následně Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání.

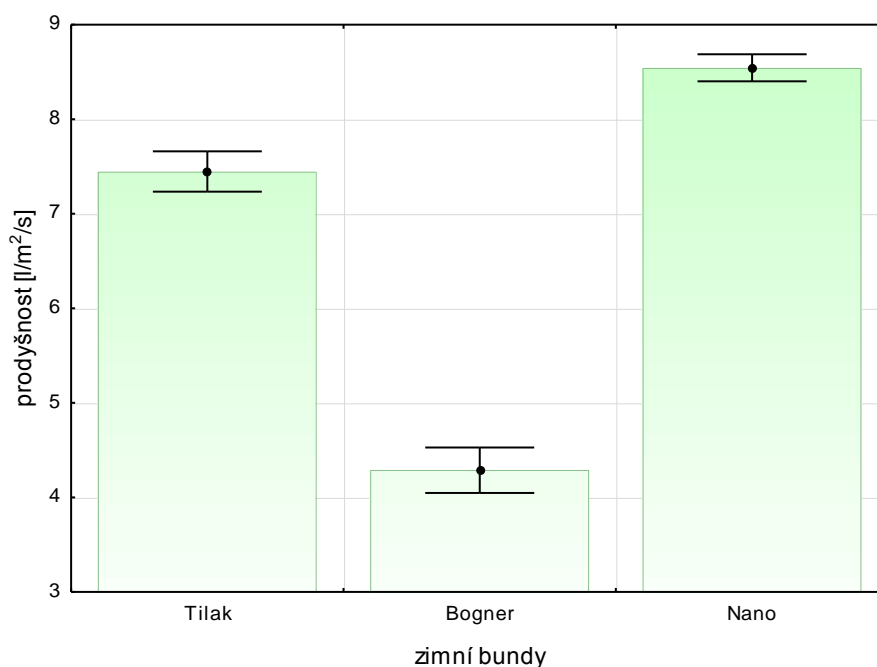
Nulová hypotéza je zamítnuta dle jednofaktorové analýzy rozptylu, viz tabulka 20. Přijata je alternativní hypotéza, ze které vyplývá, že prodyšnost je závislá na hodnocené zimní bundě.

Měřeny jsou zimní bundy, pro které je vysoká prodyšnost nepotřebná a nežádoucí. Graf 8 ukazuje nejnižší hodnoty u zimní bundy značky Bogner. Naopak zhotovená bunda s nanovláknennou membránou má hodnoty nejhorší pro své použití a ve srovnání s hodnocenými konkurenčními výrobky.

Tabulka 20: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnosti</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	97,65409	2	48,82704	606,4048	3,66E-23	3,354131
Všechny výběry	2,17401	27	0,080519			
Celkem	99,8281	29				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnávání



Graf 8: prodyšnost [l/m²/s]

5.5.3 Vyhodnocení tepelné propustnosti

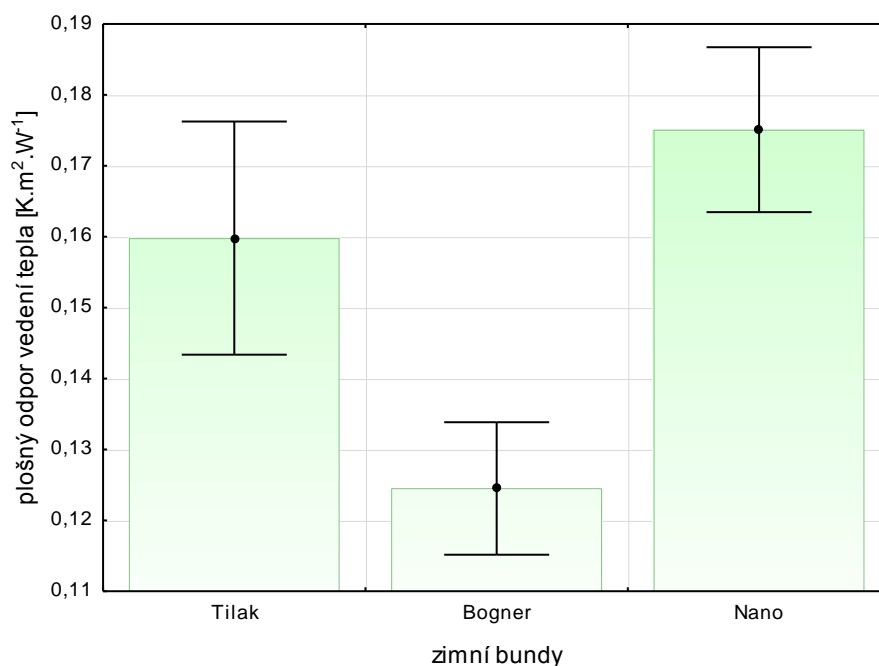
Zkouška tepelné propustnosti pro hodnocené tři zimní bundy je závislá hlavně na výplňkovém materiálu, jeho materiálovým složení a plošné hmotnost a také na tloušťce zimní bundy. Tyto parametry jsou uvedeny v tabulce 17. Měřen byl plošný odpor vedení tepla. Měřeny byly zimní oděvy, a proto je nutné, aby byl odpor co největší a teplo tak neunikalo oděvem. Všechny měřené hodnoty jsou uvedeny v příloze D a pocházejí z normálního rozdělení. Statisticky jsou zhodnocené jednofaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) a Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání.

Na základě jednofaktorové analýzy rozptylu, viz tabulka 21, je zamítnuta nulová hypotéza a přijata alternativní. Tepelná propustnost je tedy závislá na hodnocené zimní bundě.

Z grafu 9 je patrné, že zimní bunda značky Tilak a zimní bunda s nanovláknennou membránou vycházejí, dle naměřených hodnot nejlépe, ale nelze určit, která z nich vychází v této zkoušce lépe, neboť jejich meze intervalu spolehlivosti se překrývají a proto není statisticky významný rozdíl v naměřených datech. Zimní bundy značky Bogner má menší plošnou hmotnost výplně i menší tloušťku bundy a zřejmě proto jsou její hodnoty plošného odporu vedení tepla nejhorší.

Tabulka 21: ANOVA

<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Stupně volnosti</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0,013468	2	0,006734	20,97892	3,18E-06	3,354131
Všechny výběry	0,008667	27	0,000321			
Celkem	0,022135	29				

Bonferroniho metoda mnohonásobného porovnáváníGraf 9: plošný odpor vedení tepla [$\text{K.m}^2.\text{W}^{-1}$]

Na základě provedených zkoušek lze považovat za nejhůře hodnocenou zimní bundu značky Bogner. Tato bunda nejlépe obstála jen ve zkoušce prodyšnosti, ale v ostatních zkouškách ve srovnání s konkurenčními výrobky neobstála. Tato zimní bunda má nejvyšší cenu, která je dána především exkluzivitou značky Bogner na trhu. Vlastnosti bundy značky Tilak a zhotovené zimní bundy s nanovláknennou membránou, která je v práci značena jako Nano jsou srovnatelné. Jejich ceny se rovněž pohybují na stejné úrovni.

5.6 Shrnutí

Hlavním cílem experimentální části je návrh konstrukce vrstvené textilie pro zimní oděvy. Experimentální část práce je pro přehlednost rozdělena do čtyř částí. První se zabývá výběrem vhodného vrchového materiálu pro použití na zimní oděv. Hodnoceny jsou zkoušky paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost u šestnácti materiálů. Druhá část hodnotí vybraný vrchový materiál, a to před laminací a po laminaci s nanovlákennou membránou. Hodnoceny jsou stejné zkoušky jako v první části. Ve třetí části je navržen a zkonstruován zimní oděv. Jedná se o pánskou a dámskou zimní bundu, které jsou svým designem vhodné pro použití ke sportovním účelům i pro běžné nošení. Navržené bundy jsou zhotoveny firmou Tilak, která využije svých technologií, například podlepovací pásky na švy, voděodolné zipy či velmi lehké výplňkové syntetické rouno Climashield® Apex. Čtvrtá část zhotovené zimní bundy porovnává s konkurenčními, konkrétně se zimními bundami značek Tilak a Bogner. Hodnoceny jsou zkoušky paropropustnost, prodyšnost a tepelná propustnost. Výsledkem je celkové zhodnocení v závislosti na ceně výrobku.

Při výběru vrchového materiálu byl brán prioritní ohled na zkoušku paropropustnosti, neboť hodnoty této zkoušky se po laminaci s nanovlákennou membránou změní jen minimálně. Vybraný vrchový materiál má nejlepší hodnoty paropropustnosti. Ve zkouškách prodyšnosti a hydrostatické odolnosti nedosahuje nejlepších hodnot v porovnání se zbylými materiály. Tyto dvě zkoušky jsou po laminaci výrazně ovlivněny nanovlákennou membránou a hodnoty se několikanásobně zlepší, tak aby materiál bylo vhodné použít na výrobu zimního oděvu. Pánská a dámská zimní bunda byla zhotovena metodou MTM, nebo-li měřenkovou metodou, která kombinuje zakázkovou výrobu s průmyslovým zpracováním. Zhotovená bunda byla porovnána s konkurenčními výrobky, výsledky jsou uvedeny výše v experimentální práci.

6 Závěr

V současné době mají uživatelé vysoké požadavky na sportovní oblečení. Zákazník je ochotný připlatit si za kvalitu, která zaručuje komfortní vlastnosti oděvu. To znamená, že oděv poskytne dostatečnou tepelnou izolaci i během větru a přitom dostatečně propustí vodní páry. Pocit tepla a suché pokožky patří ke komfortu moderních textilií. Když se vlhkost nahromadí v textilií, zhoršuje její tepelnou izolaci a také vyvolává nepříjemný pocit. U levných oděvů se většinou zákazník smíří s horšími komfortními vlastnostmi, ale u oděvů s vyšší pořizovací cenou by měl být komfort zaručen.

Zákazníci nemají většinou dostatečný přehled o těchto vlastnostech, a proto mnozí prodejci mohou nesprávně tvrdit, že jejich zboží splňuje náročné požadavky na komfort nošení. Pro většinu zákazníků je důležitým parametrem při výběru zimního oděvu tzv. vodní sloupec, který bývá často jedinou uváděnou hodnotou u těchto produktů. Jestliže si chce uživatel vybrat zboží, které bude splňovat ty nejnáročnější požadavky na komfort, musí se především zaměřit na ty produkty, u kterých jsou uvedeny hodnoty základních komfortních vlastností. Mezi základní komfortní vlastnosti zimních oděvů patří především paropropustnost, tepelná propustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Komfort textilií je důležitý i z hlediska marketingu. Jestliže chtějí výrobci uspět v současném tvrdém konkurenčním prostředí, budou se muset zaměřit na úplné informování zákazníků o vlastnostech prodáváného zboží, tedy i na komfortní vlastnosti oděvů.

První část práce vysvětluje pojem outdoor a v souvislosti s tím popisuje funkční oděvy a textilie. Více se zaměřuje na outdoorové zimní oděvy, především na značky Tilak a Bogner. Dále se zabývá oděvním komfortem a komfortními vlastnostmi jako jsou paropropustnost, prodyšnost, hydrostatická odolnost a tepelná propustnost. Práce je také zaměřena na membrány a zátěry pro oděvní účely. Popsány jsou možnosti konstrukčního provedení membrán, způsoby spojení membrán s textilií a podmínky zpracování zátěrových a membránových materiálů.

Hlavním cílem experimentální části je vytvoření vlastního návrhu oděvu určeného do zimy s aplikací nanovláknenné membrány tak, aby byly zachovány komfortní vlastnosti. V první fázi návrhu zimního oděvu byl vybrán vhodný vrchový materiál.

Výběr byl proveden ze šestnácti různých materiálů vhodných pro toto použití. Použitý vrchový materiál byl zvolen na základě provedených zkoušek paropropustnost, hydrostatická odolnost a prodyšnost. Prioritní důraz byl kladen na zkoušku paropropustnosti. Po laminaci s nanovláknennou membránou se hodnoty této vlastnosti rapidně nezmění. Naměřená data byla statisticky vyhodnocena metodou jednofaktorové analýzy rozptylu a poté Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání, ze které vzešel jako nejvhodnější vzorek s označením „L“. Ve druhé fázi byl tento vybraný vrchový materiál laminován s nanovláknennou membránou. Porovnávány byly výsledky měření před a po laminaci. Naměřená data byla statisticky vyhodnocena dvouvýběrovým T-testem. Po laminaci materiál dosáhl, v uvedených zkouškách, hodnot výparného odporu $Ret\ 1,48\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$; přes 16 000 mm vodního sloupce a prodyšnost $4,349\ l/m^2/s$, to znamená téměř 100 % větruodolnost.

Nalaminovaný materiál s nanovláknennou membránou byl použit pro zhotovení zimního oděvu. Pánská a dámská zimní bunda byla vyhotovena firmou Tilak, podle vybraných designových návrhů a jejich konstrukčního zpracování. Dále byly zimní bundy porovnávány s konkurenčními výrobky od společnosti Tilak a Bogner. Provedeny byly zkoušky paropropustnost, prodyšnost a tepelná propustnost. Hydrostatická odolnost nebyla měřena z důvodu možného poškození oděvů při zkoušce. Naměřená data byla statisticky vyhodnocena metodou jednofaktorové analýzy rozptylu a poté Bonferroniho metodou mnohonásobného porovnávání. Na základě provedených zkoušek je nejhůře hodnocený zimní oděv značky Bogner. Vlastnosti zhotovené zimní bundy jsou srovnatelné s vybranou zimní bundou značky Tilak.

Nanovláknenná membrána je novinkou a své místo na trhu si teprve hledá. Z výsledků provedených měření a zkoušek vyplývá, že tento materiál je svými vlastnostmi schopný plně konkurovat již zavedeným materiálům.

Pro další hodnocení zimních oděvů doporučuji zabývat se údržbou těchto výrobků a porovnat výsledky zkoušek před a po údržbě.

Seznam literatury a internetových zdrojů

- [1] Tilak: [online]. [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.tilak.cz/>
- [2] Bogner: [online]. [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.bogner.com/>
- [3] Knížek, R.: Membrány pro oděvní průmysl. [online]. [cit. 2. 2. 2014]. Dostupné z: <https://moodle.fp.tul.cz/nano/pluginfile.php/689/course/section/288/Roman%20KN%C3%8D%C5%BDEK%20%20membr%C3%A1ny%20pro%20outdoorov%C3%A9%20obleceni.pdf>
- [4] Knížek, R.: Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity. Vysokoškolský podnik Liberec. 2013. 39 s. ISBN: 978-80-7494-012-5.
- [5] Horáček, M.: Oblékáte se k vodě v souladu s moderními trendy? [online]. [cit. 2. 4. 2014]. Dostupné z: <http://www.chytej.cz/clanky/789/oblekate-se-k-vode-v-souladu-s-modernimi-trendy/>
- [6] HES, Luboš; SLUKA, Petr: Úvod od komfortu textilií. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0.
- [7] Růžicková, D.: Oděvní komfort. [online]. [cit. 5. 2. 2014]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-04-02.pdf>
- [8] Glombíková, V.: Fyziologické vlastnosti oděvních materiálů. [online]. [cit. 5. 2. 2014]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska7_2012.pdf
- [9] Růžicková, D.: Organiskus – oděv – prostředí. [online]. [cit. 5. 2. 2014]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-08-08.pdf>
- [10] Drašarová, J.: Vysocefunkční textilie: Funkční textilie – Sport, outdoor. [online]. [cit. 15. 2. 2014]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-18/11-11-27.pdf>
- [11] HORROCKS, A. Richard; ANAND, Subhash: Handbook of technical textiles. Bolton, UK: CRC Press, Woodhead, 2000. 576 s. ISBN 1 85573 385 4.
- [12] Kovačič, V.: Kapitoly z textilního zkušebnictví. Technická univerzita v Liberci. 2004. 79 s. ISBN 80-7083-823-X.
- [13] Hanibal: Ventile. [online]. [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.hanibal.cz/poradna/slovník-pojmu/87-ventile/>

- [14] BRZEZINSKI, Stefan, et al: Structure and properties of microporous polyurethane membranes designed for textil-polymeric composite systems. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2005, 13, s. 53-58.
- [15] Outdoorguide. Zátěr a membrána. [online]. [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.outdoorguide.cz/zater-a--membrana-40.html>
- [16] Svět outdooru: Víte co si oblékáte. [online]. [cit. 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/rady/vite-co-si-oblekate-i-/>
- [17] Elmarco – nano for life: [online]. [cit. 19. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.elmarco.com>
- [18] Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 19. 3. 2014]. Česká verze. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nanovl%C3%A1kno>
- [19] Nanoprotex: Produkty. [online]. [cit. 20. 2. 2014]. Dostupné z: <http://www.nanoprotex.eu/produkty/>
- [20] Gore-tex: Technologie svrchních materiálů. [online]. [cit. 24. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.gore-tex.cz/remote/Satellite/content/produktove-technologie#sec-outerwear-technologies>
- [21] Růžičková, R.: Vrchové materiály. [online]. [cit. 5. 3. 2014]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-02-17/12-13-47.pdf>
- [22] Komárková, P.: Systém MTM. [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/TEP/9_TEP_merenka_2012.pdf
- [23] Musilová, B.: Tělesné rozměry. [online]. [cit. 24. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Kmd/mereni_postavy.pdf
- [24] ČSN EN 31092. Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou). Praha: Český normalizační institut, 1998. 16 s. Třídící znak 80 0819.
- [25] ČSN EN ISO 9237. Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. Praha: Český normalizační institut, 1996. 12 s. Třídící znak 80 0817.
- [26] ČSN EN 20811. Stanovení odolnosti proti pronikání vody – zkouška tlakem vody. Praha: Český normalizační institut, 1994. 7 s. Třídící znak 80 0818.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Systém tří vrstev [5].....	13
Obrázek 2: Tkanina s hustou dostavou [8]	24
Obrázek 3: Mikroporézní, hydrofobní membrána [8]	26
Obrázek 4: Neporézní, hydrofilní membrána [8].....	28
Obrázek 5: Dvouvrstvý laminát [20]	29
Obrázek 6: Třívrstvý laminát [20]	29
Obrázek 7: Z-liner, volně vložená membrána [20]	29
Obrázek 8: Permetest	32
Obrázek 9: FX 3300	33
Obrázek 10: Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas.....	34
Obrázek 11: Alambeta	35
Obrázek 12: Nanovláknenná membrána	42
Obrázek 13: Návrh pánské a dámské zimní bundy	50
Obrázek 14: Dámská zimní bunda	51

Seznam tabulek

Tabulka 1: Množství vyloučeného potu v závislosti na fyzické aktivitě [4]	18
Tabulka 2: Kvalifikace paropropustnosti textilií [6]	20
Tabulka 3: Odolnost proti působení tlaku vody [8]	22
Tabulka 4: Parametry materiálů používaných na zimní oděvy	36
Tabulka 5: Výsledky měření vrchových materiálů	37
Tabulka 6: ANOVA.....	38
Tabulka 7: ANOVA.....	40
Tabulka 8: ANOVA.....	41
Tabulka 9: Výsledky měření vybraného materiálu	43
Tabulka 10: Výsledky měření doplňkového materiálu	43
Tabulka 11: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů	44
Tabulka 12: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl.....	44
Tabulka 13: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů	46
Tabulka 14: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl.....	46
Tabulka 15: Dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů	47
Tabulka 16: Dvouvýběrový F-test pro rozptyl.....	47
Tabulka 17: Parametry materiálů zimních bund	52
Tabulka 18: Výsledky měření zimních bund	53
Tabulka 19: ANOVA.....	54
Tabulka 20: ANOVA.....	55
Tabulka 21: ANOVA.....	56

Seznam grafů

Graf 1: Výparný odpor Ret [$Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]	39
Graf 2: Prodyšnost [$l/m^2/s$]	40
Graf 3: Hydrostatická odolnost [mm]	41
Graf 4: Výparný odpor [$Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$] – krabicový graf	45
Graf 5: Prodyšnost [$l/m^2/s$] – krabicový graf	46
Graf 6: Hydrostatická odolnost [mm] – krabicový graf	47
Graf 7: výparný odpor [$Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]	54
Graf 8: prodyšnost [$l/m^2/s$]	55
Graf 9: plošný odpor vedení tepla [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]	57

Seznam příloh

Příloha A	Hodnocení vrchových materiálů používaných na zimní oděvy
Příloha B	Porovnání vrchového materiálů bez a s nanovlákonou membránou
Příloha C	Technický nákres pánské a dámské zimní bundy
Příloha D	Porovnání komfortních vlastností konkurenčních zimních oděvů

Příloha A:**Hodnocení vrchových materiálů používaných na zimní oděvy**

Výparný odpor Ret [Pa.m².W⁻¹]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
A	2,7	2,8	1,9	2,3	2,9	2,3	1,9	2,1	2,7	2,4	2,4	0,133333
B	2,5	2,9	2,9	2,2	2,5	2,8	2,3	1,7	2,7	2,5	2,5	0,135556
C	1,9	1,5	1,7	1,8	1,6	1,7	1,6	1,8	1,5	1,9	1,7	0,022222
D	4,6	4,7	4,3	3,9	3,8	4,1	4,2	3,9	4,2	4,3	4,2	0,086667
E	3,9	3,8	3,5	3,2	3,4	2,9	3,8	3,1	3,9	3,5	3,5	0,124444
F	2,8	3,2	3,4	2,9	2,7	2,6	2,9	2,5	2,4	2,6	2,8	0,097778
G	2,8	2,9	3,2	2,7	2,8	3,3	3,2	2,6	2,6	2,7	2,88	0,068444
H	5,2	4,9	5,3	5,2	4,7	4,7	4,9	5,1	5,3	5,2	5,05	0,053889
I	2,1	2,6	2,2	2,1	2,3	2,9	2,9	2,4	2,3	2,2	2,4	0,091111
J	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,8	1,4	1,7	1,6	1,4	1,6	0,031111
K	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,4	1,5	1,1	1,3	0,022222
L	1,3	1,1	1,1	0,9	1,4	1,3	1,2	1,2	0,9	1,1	1,15	0,027222
M	2,1	2,3	1,8	2,1	1,9	1,6	2,2	2,4	1,8	2,1	2,03	0,062333
N	1,7	1,8	1,5	1,8	1,3	1,9	1,6	1,7	1,5	1,7	1,65	0,031667
O	2,4	2,2	2,3	1,9	1,7	1,9	1,6	1,6	2,2	1,9	1,97	0,084556
P	2,9	2,7	2,4	3,2	2,8	2,8	3,1	2,5	2,4	2,6	2,74	0,076

Základní popisná statistika								
Výparný odpor Ret [Pa.m².W⁻¹]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
A	2,35	1,9	2,9	2,1	2,7	15,21452	2,138	2,661
B	2,5	1,7	2,9	2,3	2,8	14,72715	2,236	2,763
C	1,7	1,5	1,9	1,6	1,8	8,76889	1,593	1,806
D	4,2	3,8	4,7	3,9	4,3	7,00933	3,989	4,41
E	3,5	2,9	3,9	3,2	3,8	10,07905	3,247	3,752
F	2,75	2,4	3,4	2,6	2,9	11,16766	2,576	3,023
G	2,8	2,6	3,3	2,7	3,2	9,08399	2,692	3,067
H	5,15	4,7	5,3	4,9	5,2	4,59683	4,883	5,216
I	2,3	2,1	2,9	2,2	2,6	12,57692	2,184	2,615
J	1,6	1,4	1,9	1,4	1,7	11,02396	1,473	1,726
K	1,3	1,1	1,5	1,2	1,4	11,46702	1,193	1,406
L	1,15	0,9	1,4	1,1	1,3	14,34709	1,031	1,268
M	2,1	1,6	2,4	1,8	2,2	12,29884	1,851	2,208
N	1,7	1,3	1,9	1,5	1,8	10,78493	1,522	1,777
O	1,9	1,6	2,4	1,7	2,2	14,76063	1,761	2,178
P	2,75	2,4	3,2	2,5	2,9	10,06135	2,542	2,937

Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
A	1,71	1,85	2,13	2,35	1,64	2,38	1,73	2,24	2,06	2,01	2,01	0,072578
B	19,6	19,7	19,1	19,6	19,2	19,3	19,2	19,4	19,7	19,2	19,4	0,053333
C	246	258	295	298	267	270	249	285	258	264	269	330,4444
D	5,52	5,48	4,96	5,67	5,53	5,79	5,25	4,99	5,69	5,72	5,46	0,0886
E	263	272	265	248	257	285	242	266	248	264	261	162,8889
F	57,6	36,3	48,1	32,3	41,5	41,2	40,8	29,6	43,7	29,9	40,1	75,16
G	21,6	19,7	20,4	23,6	24,2	19,3	23,2	22,9	19,7	21,2	21,58	3,235111
H	36,6	37,3	32,1	31,3	40,5	38,2	39,8	34,6	32,7	36,9	36	10,28222
I	1,9	2,4	2,8	2,6	1,9	2,7	2,8	2,6	2,5	2,8	2,5	0,117778
J	68,6	76,3	69,1	72,3	71,5	71,2	75,8	68,6	73,7	69,9	71,7	7,982222
K	8,63	9,35	9,24	9,26	8,57	8,96	9,14	8,87	8,74	8,64	8,94	0,085422
L	8,55	8,79	8,75	8,47	8,56	8,81	8,46	8,39	8,63	8,69	8,61	0,021711
M	327	338	264	305	259	324	285	323	284	314	302,3	767,1222
N	223	252	215	248	257	275	242	226	248	224	241	349,5556
O	427	438	544	405	659	527	585	423	624	414	504,6	9095,378
P	6,54	7,18	6,96	5,67	6,54	5,89	7,26	6,49	6,79	5,72	6,504	0,334249

Základní popisná statistika								
Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
A	2,035	1,64	2,38	1,73	2,24	13,40312	1,817	2,202
B	19,35	19,1	19,7	19,2	19,6	1,19041	19,234	19,565
C	265,5	246	298	258	285	6,75767	255,99	282
D	5,525	4,96	5,79	5,25	5,69	5,45160	5,247	5,672
E	263,5	242	285	248	266	4,88996	251,87	270,12
F	41	29,6	57,6	32,3	43,7	21,61967	33,898	46,301
G	21,4	19,3	24,2	19,7	23,2	8,33476	20,293	22,866
H	36,75	31,3	40,5	32,7	38,2	8,90720	33,7	38,29
I	2,6	1,9	2,8	2,4	2,8	13,72751	2,254	2,745
J	71,35	68,6	76,3	69,1	73,7	3,94042	69,67	73,72
K	8,915	8,57	9,35	8,64	9,24	3,26925	8,73	9,149
L	8,595	8,39	8,81	8,47	8,75	1,71135	8,504	8,715
M	309,5	259	338	284	324	9,16208	282,48	322,11
N	245	215	275	224	252	7,75784	227,62	254,37
O	482,5	405	659	423	585	18,90006	436,37	572,82
P	6,54	5,67	7,26	5,89	6,96	8,88903	6,0904	6,9175

Hydrostatická odolnost [mm]							
Zkouška č.	1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
A	541	526	572	530	591	552	800,5
B	259	280	255	266	295	271	270,5
C	198	212	164	142	144	172	1006
D	257	250	215	226	197	229	613,5
E	0	0	0	0	0	0	0
F	401	394	379	413	423	402	289
G	255	240	245	232	278	250	314,5
H	263	245	225	234	288	251	628,5
I	431	496	478	453	442	460	708,5
J	0	0	0	0	0	0	0
K	193	184	190	166	162	179	200
L	395	382	370	417	386	390	308,5
M	742	778	725	770	735	750	524,5
N	655	692	670	667	716	680	583,5
O	75,5	77,6	80,7	82,5	84,2	80,1	12,585
P	401	396	378	423	432	406	468,5

Základní popisná statistika								
Hydrostatická odolnost [mm]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
A	541	526	591	530	572	5,12556	516,86	587,13
B	266	255	295	259	280	6,06896	250,57	291,42
C	164	142	212	144	198	18,44041	132,61	211,38
D	226	197	257	215	250	10,81613	198,24	259,75
E	0	0	0	0	0	0	0	0
F	401	379	423	394	413	4,22886	380,89	423,1
G	245	232	278	240	255	7,09366	227,98	272,01
H	245	225	288	234	263	9,98801	219,87	282,12
I	453	431	496	442	478	5,78645	426,94	493,05
J	0	0	0	0	0	0	0	0
K	184	162	193	166	190	7,90063	161,44	196,55
L	386	370	417	382	395	4,50363	368,19	411,8
M	742	725	778	735	770	3,05360	721,56	778,43
N	670	655	716	667	692	3,55232	650	709,99
O	80,7	75,5	84,2	77,6	82,5	4,42888	75,69	84,5
P	401	378	432	396	423	5,33125	379,12	432,87

Příloha B:

Porovnání vrchového materiálů bez a s nanovláknou membránou

Výparný odpor Ret [Pa.m ² .W ⁻¹]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
L1	1,3	1,1	1,1	0,9	1,4	1,3	1,2	1,2	0,9	1,1	1,15	0,027222
L2	1,4	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,48	0,006222

Základní popisná statistika								
Výparný odpor Ret [Pa.m ² .W ⁻¹]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
L1	1,15	0,9	1,4	1,1	1,3	14,34709	1,031972	1,268028
L2	1,5	1,4	1,6	1,4	1,5	5,32980	1,423572	1,536428

Prodyšnost [l/m ² /s]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
L1	8,55	8,79	8,75	8,47	8,56	8,81	8,46	8,39	8,63	8,69	8,61	0,021711
L2	4,36	4,1	4,74	4,69	4,24	4,33	4,02	4,21	4,54	4,26	4,349	0,057277

Základní popisná statistika								
Prodyšnost [l/m ² /s]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
L1	8,595	8,39	8,81	8,47	8,75	1,711346	8,504594	8,715406
L2	4,295	4,02	4,74	4,21	4,54	5,502999	4,177797	4,520203

Hydrostatická odolnost [mm]							
Zkouška č.	1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
L1	395	382	370	417	386	390	308,5
L2	16 300	17 010	16 870	16 430	16 960	16 714	106130

Základní popisná statistika								
Hydrostatická odolnost [mm]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
L1	386	370	417	382	395	4,503633	368,19	411,81
L2	16870	16300	17010	16430	16960	1,949120	16309,50	17118,5

Doplňkový materiál

Výparný odpor R_{et} [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
Doplňkový materiál	3,6	3,8	3,7	3,5	3,8	3,9	3,6	3,6	3,8	3,9	3,72	0,019556

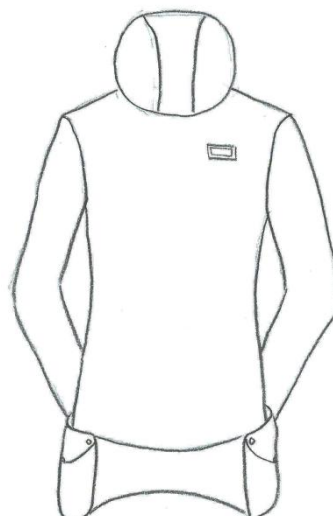
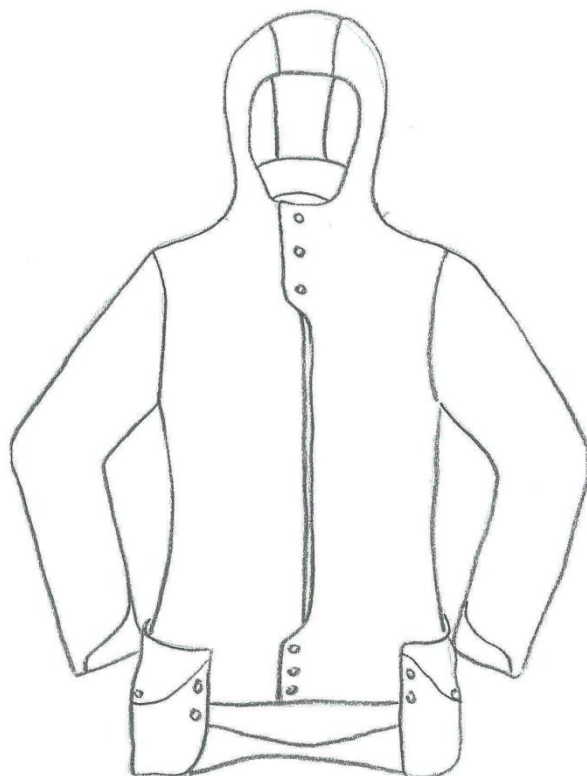
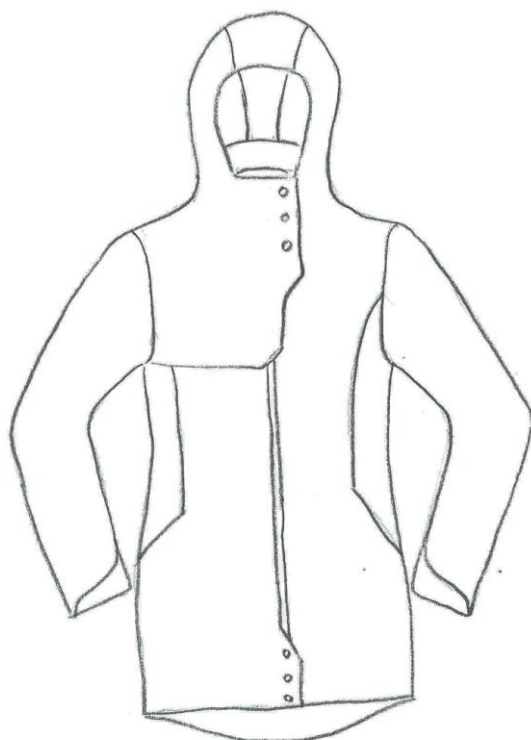
Základní popisná statistika								
Výparný odpor R_{et} [$\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Doplňkový materiál	3,75	3,5	3,9	3,6	3,8	3,759171	3,619964	3,820036

Prodyšnost [$\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
Doplňkový materiál	4,1	3,93	3,89	4,07	4,26	4,18	4,19	4,05	3,88	3,93	4,048	0,018529

Základní popisná statistika								
Prodyšnost [$\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Doplňkový materiál	4,06	3,88	4,26	3,93	4,18	3,362669	3,950625	4,145375

Hydrostatická odolnost [mm]							
Zkouška č.	1	2	3	4	5	průměr	rozptyl
Doplňkový materiál	16275	15268	15069	16154	15983	15749,8	297303,7

Základní popisná statistika								
Hydrostatická odolnost [mm]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Doplňkový materiál	15983	15069	16275	15268	16154	3,461984	15072,78	16426,82

Příloha C: Technický nákres pánské a dámské zimní bundy

Příloha D: Porovnání komfortních vlastností konkurenčních zimních oděvů

Výparný odpor Ret [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
Tilak	16,2	15,8	16,3	16,4	16,2	15,9	15,9	16,6	16,4	16,8	16,25	0,102778
Bogner	30	29,7	28,8	29,7	30,4	30,3	29,5	28,3	30,6	29,7	29,7	0,506667
Nano	12,8	13,2	13,4	12,9	12,5	13,2	12,4	12,7	13,4	12,8	12,93	0,126778

Základní popisná statistika								
Výparný odpor Ret [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Tilak	16,25	15,8	16,8	15,9	16,4	1,972860	16,02066	16,47934
Bogner	29,7	28,3	30,6	29,5	30,3	2,396651	29,19081	30,20919
Nano	12,85	12,4	13,4	12,7	13,2	2,753741	12,67529	13,18471

Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
Tilak	7,32	7,62	7,19	7,72	7,67	7,14	7,06	7,95	7,57	7,23	7,447	0,088401
Bogner	4,15	4,25	3,87	4,96	4,72	4,46	4,18	4,23	3,97	4,09	4,288	0,113151
Nano	8,28	8,72	8,55	8,30	8,81	8,29	8,75	8,67	8,48	8,59	8,544	0,040004

Základní popisná statistika								
Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Tilak	7,445	7,06	7,95	7,19	7,67	3,992524	7,234308	7,659692
Bogner	4,205	3,87	4,96	4,09	4,46	7,844669	4,047369	4,528631
Nano	8,57	8,28	8,81	8,3	8,72	2,340954	8,400921	8,687079

Plošný odpor vedení tepla [$\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]												
Zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	průměr	rozptyl
Tilak	0,171	0,157	0,199	0,157	0,149	0,167	0,187	0,149	0,117	0,145	0,1598	0,000528
Bogner	0,125	0,131	0,122	0,143	0,137	0,118	0,106	0,102	0,134	0,127	0,1245	0,000171
Nano	0,161	0,195	0,212	0,172	0,169	0,171	0,163	0,169	0,162	0,177	0,1751	0,000264

Základní popisná statistika								
Plošný odpor vedení tepla [$\text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]								
Materiál	Medián	Minimum	Maximum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Var. koef [%]	Dolní mez	Horní mez
Tilak	0,157	0,117	0,199	0,149	0,171	14,38180	0,143360	0,176240
Bogner	0,126	0,102	0,143	0,118	0,134	10,48800	0,115159	0,133841
Nano	0,17	0,161	0,212	0,163	0,177	9,28497	0,163470	0,186730